

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - FEAGRI

**SECAGEM DE CAFÉ CEREJA DESCASCADO DESMUCILADO
COM UTILIZAÇÃO DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO.**

JULIO CESAR OCTAVIANI

CAMPINAS, FEVEREIRO DE 2000



UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - FEAGRI

**SECAGEM DE CAFÉ CEREJA DESCASCADO DESMUCILADO
COM UTILIZAÇÃO DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO.**

Aluno: JULIO CESAR OCTAVIANI

Orientador: Prof. Dr. JOÃO DOMINGOS BIAGI

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia Agrícola da Universidade
Estadual de Campinas como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Agrícola**

CAMPINAS, FEVEREIRO DE 2000

UNICAMP

**BIBLIOTECA CENTR
SEÇÃO CIRCULANT**

T/UNICAMP
 Oc7s
 86/41820
 278/00
 C 1 0 ☒
 RECO R\$ 11,00
 ATA 05-08-00
 * CPD

CM-00142767-7

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Oc7s Octaviani, Julio Cesar
 Secagem de café cereja descascado desmucilado com
 utilização de gás liquefeito de petróleo / Julio Cesar
 Octaviani.--Campinas, SP: [s.n.], 2000.


 Orientador: João Domingos Biagi.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

 1. Café - Secagem. 2. Café - Qualidade. 3. Análise
 sensorial. 4. Energia - Consumo. I. Biagi, João
 Domingos. II. Universidade Estadual de Campinas.
 Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

PARECER

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de mestrado defendida por **Julio Cesar Octaviani** e aprovada pela Comissão Julgadora em **01 de março de 2000**.

Campinas, **05 de abril de 2000**.



Dr. João Domingos Biagi
Presidente da Banca

*Ao Grande Arquiteto do Universo, que é Deus, pelos momentos de inspiração;
Aos meus pais, Cesar e Helena, pelo esforço e carinho;
Aos meus irmãos, Fátima e Luciano, pelo apoio e amor fraterno;
À minha esposa Eliane e aos meus filhos Bruno, Paulo e Renato,
pelo carinho, respeito e dedicação;*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Nosso crescimento depende de nossas atitudes para com os que nos cercam. Vocês certamente colaboraram para a manutenção, em verdadeira harmonia, do ciclo natural das coisas feitas por Deus, nosso Pai. Que Ele os abençoe.

À Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), à Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), especialmente ao Departamento de Pré-Processamento de Produtos Agropecuários (DPPPAg), pela oportunidade concedida para a realização do curso.

Ao cunhado e irmão Manoel Carlos Gonçalves Jr., por ter disponibilizado suas instalações e o café para a realização do trabalho.

À Pinhalense S/A Máquinas Agrícolas, nas pessoas dos diretores Lourenço Del Guerra e Adélcio Piagentini, pelo fornecimento e instalação dos secadores, despulpador, desmucilador e manômetros, pelo apoio técnico e principalmente pela amizade.

À Companhia Ultragaz S/A, em especial ao Engº Fábio Matsumoto, pelo fornecimento do GLP e pela disponibilização e instalação dos rotâmetros, manômetros e queimadores de gás, pela dedução da equação de vazão, pelo apoio técnico e por ter me permitido proporcionar um relacionamento cordial e salutar.

Ao professor João Domingos Biagi, pela confiança depositada, pelo respeito, pelos ensinamentos, pela oportunidade de trabalhar sob sua orientação segura e pela amizade.

Ao professor José Tadeu Jorge pelos ensinamentos, pelas sugestões e pela participação na Comissão Julgadora da Defesa da Dissertação.

Ao professor Jayme de Toledo Piza e Almeida Neto pelos ensinamentos, pelas sugestões e pela participação na Comissão Julgadora da Defesa da Dissertação.

À professora e amiga Conceição Aparecida Previero, pelos trabalhos realizados e a realizar, pelas sugestões, pela dedicação e companheirismo.

Ao professor Luis Carlos Fazuoli, pelas sugestões oferecidas.

Aos professores Benedito Carlos Benedetti, Elaine Borghi, Marlene Rita de Queiroz, Mauro José Andrade Tereso, José Teixeira Filho e Mariângela Amendola, pelos ensinamentos.

Ao irmão e amigo José Aparecido Sartori, pelo incentivo, pelo companheirismo, pelas viagens e por compartilharmos dos mesmos ideais.

À Cooperativa dos Cafeicultores da Região de Pinhal, em especial aos técnicos dos Departamentos de Comércio e Classificação de Café, Antonio Carlos Neppi e João Luis Rossatti, pelos constantes atendimentos e pela cessão das instalações e equipamentos para o benefício das amostras de café.

Ao amigo Marcos Jacob, pelas facilidades junto ao II Concurso Qualidade de Café de Espírito Santo de Pinhal e Região e pela disponibilização da sala de classificação.

Aos profissionais de classificação e degustação de café Aloísio Aparecido Lusvaldi Barca, Antonio Carlos Pereira, Francisco Carlos Godoy Bueno e Jayme da Silveira Leme Neto, pela realização das análises sensoriais.

Aos ex-alunos e colegas Adriano B. Cristóforo, Antonio Carlos Bertolucci, Carlos Henrique Pelacani, Jonatha Pfaffmann de Almeida Couto, Marcelo Corazza, Marcio Coutinho Viriato, Rodrigo Delbin e Rodrigo Zucherato Ruocco, pelo desprendimento, pela seriedade e pelo convívio nos dias e noites, auxiliando nas coletas de dados.

À Dona Ana Maria V. Ribeiro, querida cunhada, pela revisão gramatical do texto.

Aos amigos, funcionários e secretária do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal (CREUPI): Aroldo Bianchini, Carlos Gustavo Tavares de Lima, Luciano Risetto e Meire Barini Vilani, pelas colaborações no material bibliográfico, no scanner, na coleta de dados e nos contatos, respectivamente.

As secretárias da FEAGRI: Ana Paula Montagner, Vânia Aparecida Bellodi Sant'ana Furlan, Marta Aparecida Rigonato Vechi e Rosemary Pacheco Jardini, pela presteza e consideração.

Aos colegas e funcionários dos Laboratórios de Matérias-primas e Sementes da FEAGRI: Rosa, Francisco e Dona Laura, pelo atendimento e consideração.

À Confraria "Ocho Manos" (Raquel, Aninha, Rose, Conceição, Natasha, Paulo Magalhães, Espíndola, Dudú, Mococa e Julio), pela amizade, pelos momentos de descontração, pelo convívio salutar e pelo paladar...

Aos meus familiares, pela tolerância e compreensão da minha ausência.

SUMÁRIO

PÁGINA DE ROSTO.....	i
FICHA CATALOGRÁFICA.....	ii
PARECER.....	iii
DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
SUMÁRIO	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xiv
RESUMO	xvi
SUMMARY	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	6
2.1. Objetivos principais.....	6
2.2. Objetivos específicos	6
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1. Importância econômica.....	7
3.2. O cultivar Mundo Novo IAC 388-17	11
3.3. Maturação	12

3.4. Colheita.....	13
3.5. Lavagem	15
3.6. Despulpamento e Desmucilagem	16
3.7. Pré-secagem.....	18
3.8. Secagem mecânica.....	19
3.9. Secadores horizontais rotativos.....	21
3.9.1. Temperatura	22
3.9.2. Fluxo de ar.....	24
3.9.3. Gás Liqüefeito de Petróleo (GLP).....	26
3.9.4. Teor de umidade.....	28
3.10. Armazenagem em pergaminho	30
3.11. Beneficiamento	30
3.12. Armazenagem pós-benefício	31
3.13. Qualidade	32
3.14. Classificação.....	32
3.14.1. Classificação pela qualidade.....	34
3.14.1.1. Classificação pela bebida.....	34
4. MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1. Matéria-prima.....	39
4.2. Colheita.....	39
4.3. Lavagem	40
4.4. Despulpamento-Desmucilagem	41

4.5. Pré-secagem.....	42
4.6. Secagem mecânica.....	43
4.6.1. Temperaturas.....	44
4.6.1.1. Ar ambiente.....	45
4.6.1.2. Ar de secagem.....	45
4.6.1.3. Massa de grãos	46
4.6.1.4. Saída do secador.....	47
4.6.1.5. Amostras.....	47
4.6.2. Fluxos	48
4.6.2.1. Fluxo de ar.....	48
4.6.2.2. Fluxo de GLP	49
4.6.3. Umidade.....	50
4.6.3.1. Umidade relativa do ar.....	50
4.6.3.2. Umidade dos grãos.....	50
4.7. Amostragem e armazenagem	52
4.8. Benefício.....	52
4.9. Análise sensorial	53
4.10. Análise estatística.....	56
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1. Condições experimentais.....	57
5.2. Secagem.....	63
5.2.1. Ajuste de curvas	63

5.2.2. Curvas de secagem	64
5.2.3. Temperatura	68
5.2.4. Água removida	72
5.2.5. Fluxo de ar	73
5.2.6. Gás liqüefeito de petróleo (GLP)	75
5.2.7. Custo energético	78
5.3. Qualidade	81
5.4. Considerações finais	83
6. CONCLUSÕES	84
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
APÊNDICE	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Fluxograma de preparo do café	2
Figura 1.2 - Partes do fruto de café	3
Figura 4.1 - Instalações e pontos de coleta de dados	38
Figura 4.2 - Derriça manual de café sobre panos.	39
Figura 4.3 - Bica de jogo acoplada ao lavador	40
Figura 4.4 - Descascador-desmucilador Pinhalense modelo ECO-02	41
Figura 4.5 - Saída dos grãos descascados do desmucilador para envio ao terreiro....	41
Figura 4.6 - Revolvimento do café com rodos dentados	42
Figura 4.7 - Transporte de café em carrinho	43
Figura 4.8 - Instalação para secagem e disposição dos secadores.....	43
Figura 4.9 - Queimador Ecoflam BLU-170P em operação	44
Figura 4.10 - Posição do termohigrógrafo para o registro das condições ambientais..	45
Figura 4.11 - Registro de temperatura do ar de secagem.....	46
Figura 4.12 - Registro de temperatura da massa de café	46
Figura 4.13 - Posição dos termopares e registrador de temperatura	47
Figura 4.14 - Operação do determinador Gehaka G-600.....	48
Figura 4.15 - Tubo pitot e coluna em "U" Dwyer 1211-36	49

Figura 4.16 - Rotâmetros Digiflow e manômetros para leituras individuais.....	50
Figura 4.17 - Retirada de amostra do secador	51
Figura 4.18 - Estufa com circulação forçada de ar e balança analítica	52
Figura 4.19 - Café beneficiado pronto para as análises.....	53
Figura 4.20 - Análise sensorial para seca, cor e aspecto do café.....	54
Figura 4.21 - Preparo das amostras para análise da bebida.....	55
Figura 4.22 - Análise da bebida pela prova de xícara	55
Figura 5.1 - Temperatura ambiente em 12 secagens de café	61
Figura 5.2 - Umidade relativa do ar em 12 secagens de café	61
Figura 5.3 - Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 86,1 e 105,2 m ³ .min ⁻¹ e temperaturas de 51,9 e 43,5°C na massa de grãos, respectivamente (1º teste)	64
Figura 5.4 - Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 81,6 e 101,0 m ³ .min ⁻¹ e temperaturas de 51,1 e 43,2°C na massa de grãos, respectivamente (2º teste)	65
Figura 5.5 - Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 83,1 e 99,5 m ³ .min ⁻¹ e temperaturas de 45,0 e 40,2°C na massa de grãos, respectivamente (1º teste)	66
Figura 5.6 - Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 82,9 e 102,3 m ³ .min ⁻¹ e temperaturas de 50,6 e 40,8°C na massa de grãos, respectivamente (2º teste)	66
Figura 5.7 - Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 85,1 e 106,8 m ³ .min ⁻¹ e temperaturas de 55,7 e 43,7°C na massa de grãos, respectivamente (1º teste)	67
Figura 5.8 - Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 87,8 e 104,4 m ³ .min ⁻¹ e temperaturas de 50,6 e 40,8°C na massa de grãos, respectivamente (2º teste)	68
Figura 5.9 - Secagens com temperaturas de 45,0 a 55,7°C na massa de café, com fluxo de ar industrial	70

Figura 5.10 - Secagens com temperaturas de 40,2 a 43,7 na massa de café, com fluxo de ar modificado.....	70
Figura 5.11 - Fluxos médios de ar em função de diferentes temperaturas do ar de secagem	74
Figura 5.12 - Consumo de GLP para diferentes condições de secagem de café	76
Figura 5.13 - Consumo de GLP por Kg de água removida em secagens de café.....	77
Figura 5.14 - GLP utilizado para aquecimento do ar em secagens de café.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Principais países produtores de café	8
Tabela 3.2 - Exportações brasileiras de café.....	8
Tabela 3.3 - Produção de café no Brasil e no mundo (mil sacas de 60 Kg) período 1900-1998	9
Tabela 3.4 - Evolução do consumo interno de café, Brasil, em sacas de 60 Kg/ano...	10
Tabela 3.5 - Teores de umidade nas diversas etapas do café colhido	14
Tabela 3.6 - Variações nas secagens e efeitos sobre a bebida do café	22
Tabela 3.7 - Média do comportamento de secagens com 2 tipos de queimadores.....	28
Tabela 3.8 - Classificação Oficial Brasileira	33
Tabela 3.9 - Equivalência de grãos imperfeitos	33
Tabela 3.10 - Descrições de padrões de bebidas através da prova de xícara.....	35
Tabela 5.1 - Condições propostas para secagens de café	58
Tabela 5.2 - Porcentagem média dos tempos obtidos com as faixas de temperaturas propostas na massa de café, durante as secagens	59
Tabela 5.3 - Condições experimentais de secagens de café	59
Tabela 5.4 - Condições experimentais médias de 2 secagens	60

Tabela 5.5 - Temperatura ambiente em secagens de café	62
Tabela 5.6 - Umidade relativa do ar em secagens de café	63
Tabela 5.7 - Curvas de secagem ajustadas linearmente, em função de diferentes fluxos de ar e temperatura na massa de grãos	63
Tabela 5.8 - Tempo de secagem de café em função do fluxo e temperatura do ar e temperatura na massa	69
Tabela 5.9 - Temperatura do ar de saída em secador rotativo (°C)	71
Tabela 5.10 - Água removida em função do fluxo de ar e temperatura da massa de café	72
Tabela 5.11 - Água removida em função do tempo total de secagem.....	73
Tabela 5.12 - Médias de fluxos de ar em função de temperaturas do ar de secagem .	74
Tabela 5.13 - Total de ar utilizado em função do fluxo de ar e do tempo de secagem	75
Tabela 5.14 - Consumo de GLP em diferentes condições de secagem de café	75
Tabela 5.15 - Custo do GLP em secagens de café	79
Tabela 5.16 - Consumo e custo de energia elétrica em secagens de café	79
Tabela 5.17 - Médias de custos energéticos em secagens de café	80
Tabela 5.18 - Custos energéticos por unidade de café seco em função de diferentes temperaturas e fluxos de ar de secagem.....	80
Tabela 5.19 - Aspectos qualitativos do café em função de diferentes condições de secagem	82
Tabela 5.20 - Tempo, custo de secagem e qualidade do café	83

RESUMO

O aperfeiçoamento da tecnologia no processo de secagem do café cereja descascado desmucilado é importante para a consolidação da qualidade do café brasileiro e para a racionalização dos custos de pós-colheita. O trabalho teve como finalidade investigar a secagem de café cereja descascado e desmucilado Mundo Novo IAC 388-17 em secadores horizontais rotativos com diferentes temperaturas e fluxos de ar, utilizando o GLP como combustível, e sua influência na qualidade sensorial do café (*Coffea arabica* L.). O experimento foi desenvolvido em Espírito Santo do Pinhal - SP, no barracão de secagem do Sítio Terra Verde; no Laboratório de Análise Foliar e Secagem do Departamento de Química, Solos e Tecnologia do Curso de Agronomia do CREUPI/SP e na sala de classificação do 2º Concurso Qualidade de Café de Espírito Santo do Pinhal e Região. Foram utilizados 2 secadores em escala comercial, com capacidade de 7.500 L no cilindro de secagem. Os tratamentos utilizados foram 3 temperaturas na massa de café (40, 50 e 60°C) e 2 fluxos de ar (85 e 103 m³.min⁻¹), com 2 testes para cada condição. O café seco foi avaliado sensorialmente quanto à sua seca, cor, aspecto e bebida. O delineamento foi inteiramente casualizado com 4 repetições, os resultados submetidos a análise de variâncias e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%). Os resultados indicaram que os tratamentos com temperaturas de secagem e fluxos de ar mais elevados apresentaram menores tempo de secagem e consumo de GLP. As secagens apresentaram taxas constantes de perda de umidade praticamente ao longo de todo o processo. A utilização dos fluxos de ar de 81,6 até 106,7 m³.min⁻¹ e a secagem a temperaturas médias da massa de grãos, de 40,2 até 56,1°C, não alteraram as qualidades sensoriais do café.

SUMMARY

The improvement of unhusked desmucilated cherry coffee drying process is important to consolidate the brazilian coffee quality and to optimize post-harvest costs. The objectives of the project were to investigate the influence of the drying of unhusked desmucilated cherry Mundo Novo IAC 388-17 coffee (*Coffea arabica* L.) in horizontal rotary dryer with variation of temperatures and airflows, using LPGas, on coffee sensorial quality. The experimental work carried out in Espírito Santo do Pinhal – SP, at Sítio Terra Verde; on Leaf Analysis and Drying Laboratory of Chemical, Soil and Technology Department of Agronomy Engineering Faculty of CREUPI-SP and at Classification Room of Segundo Concurso Qualidade de Café de Espírito Santo do Pinhal e Região. Two 7,500 liters commercial dryers were used. The treatments were 3 coffee mass temperatures (40, 50 and 60°C) and 2 airflows (85 and 103 m³.min⁻¹), with two tests for each condition. The dried coffee was sensorially evaluated as dry, colour, aspect and drinking. The design was completely randomized, the results were submitted to variancy analysis and the averages compared by Tukey's (5%) test. The results indicated that treatments with higher drying air temperatures and airflows presented lower drying time and LPGas consumption. The drying processes showed constant drying rates. The airflows from 81,6 to 106,7 m³.min⁻¹ and coffee mass temperatures from 40,2 to 56,1°C did not influence the coffee sensorial quality.

1. INTRODUÇÃO

Desde a sua descoberta pelo homem, o café assume importante papel na economia e na vida dos povos que o cultivam. O Brasil, há pelo menos 150 anos, é o maior produtor e exportador mundial, envolvendo direta ou indiretamente aproximadamente 10 milhões de pessoas, em todos os segmentos do setor, desde a produção até a sua comercialização e industrialização.

A comercialização em nível mundial movimenta uma considerável soma em dinheiro, sendo o comércio situado em segundo lugar internacionalmente, perdendo apenas para o petróleo. São gerados anualmente pelo café entre doze e treze bilhões de dólares, através da exportação de 60 a 70 milhões de sacas e do consumo interno, pelos países produtores, de mais de 25 milhões de sacas.

A receita cambial gerada pelo café na economia nacional nos anos 1998/99, superior a 2,5 bilhões de dólares, correspondeu a aproximadamente 6% das exportações; contudo, há algumas décadas, chegou a representar 75% da receita cambial brasileira. Com a evolução industrial, o café teve sua participação relativa gradativamente reduzida na pauta de exportações ao longo dos anos, embora, ainda hoje algumas regiões de

grande importância para a economia nacional tenham no café a base de sua sustentação econômica.

A economia cafeeira financiou mais de meio século de industrialização e desenvolvimento do Brasil; no entanto, WEDEKIN & CASTRO, (1999) sustentam que na gestão do agronegócio café, o governo central está fechando o milênio praticamente com o mesmo comportamento cultural prevalente em décadas de intervenção e ineficiência.

Os cafeicultores e técnicos envolvidos com a cafeicultura devem ter uma visão globalizada do setor, além de se atualizarem tecnicamente através do investimento em novos conhecimentos e de planejarem de maneira ordenada suas ações, para que persistam na atividade com o sucesso almejado.

A qualidade do produto é fator preponderante para a obtenção de êxito no processo produtivo e, no caso do café, os procedimentos adequados de colheita, bem como lavagem, secagem e armazenamento são determinantes para a sua manutenção. O fluxograma do pré-processamento do café é observado na figura 1.1.

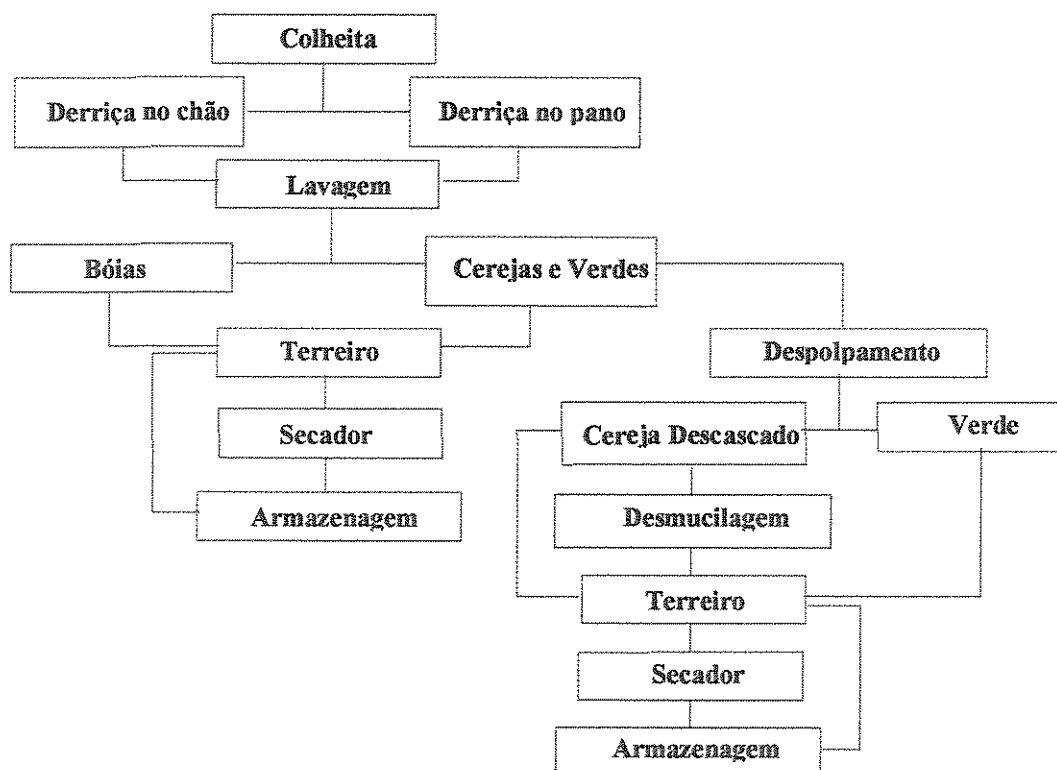


Fig. 1.1- Fluxograma de preparo do café

O processo de colheita através da derriça no pano vem sendo recomendado, por evitar o contato entre os grãos a serem colhidos com os grãos portadores de maiores índices de acidez e fermentação indesejáveis, previamente caídos no chão e para não agregar ao produto final alguns defeitos provindos diretamente do solo, tais como torrões e pedras.

O estágio de maturação dos frutos denominado cereja é o ideal para a realização da colheita, pois o endosperma se encontra plenamente desenvolvido e a mucilagem que envolve o pergaminho (endocarpo do fruto), rica em açúcares, ainda não sofreu processos de fermentação naturais, conferindo maior suavidade à bebida proveniente destes frutos. A figura 1.2 mostra as partes componentes do grão de café.

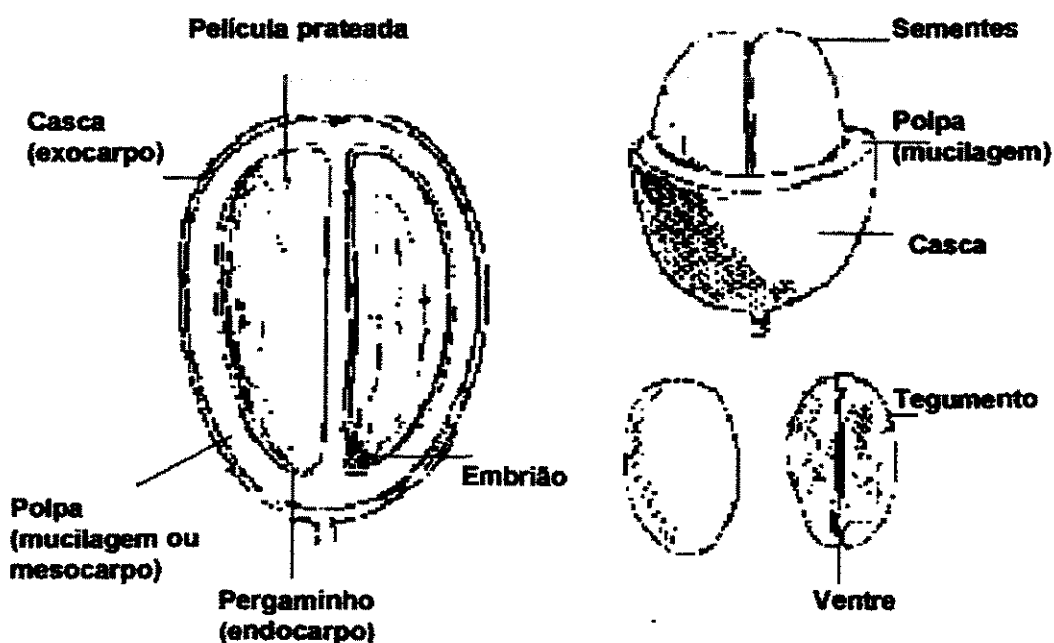


Fig. 1.1- Partes do fruto do café

A retirada da casca (exocarpo do fruto) traz inúmeras vantagens no processamento do café, tornando possível a separação dos frutos ainda verdes que, nos procedimentos de lavagem e secagem convencionais, não se separam dos frutos cereja, o que pode provocar excessiva acidez à bebida, além de piorar a qualidade na classificação por tipo,

já que os grãos verdes constituem defeitos, nesta avaliação. Outra vantagem deste processo é a economia de espaço físico de terreiros de secagem, uma vez que o volume de material processado diminui sensivelmente. A secagem do café oriundo de descascamento prévio é significativamente mais econômica, pelo fato de não haver necessidade de remoção da água contida na casca do fruto.

A desmucilagem mecânica é um procedimento tecnológico que consta da retirada de grande parte da polpa mucilaginosa que se mantém aderida externamente ao pergaminho, sem a realização de fermentação, mantendo a aderência de mucilagem apenas residual, eliminando-se a necessidade da realização de pré-secagem em terreiro. Por ter como finalidade evitar aglomerados de grãos presos por esta polpa, durante a secagem mecânica, resulta em maior homogeneização no aspecto do produto seco. Ainda deve se observar o fato de que a pré-secagem em terreiro para cafés descascados provoca, através da passagem de rodos dentados de madeira e pisoteios sucessivos, elevados índices de trincas e esmagamento dos pergaminhos.

A secagem mecânica em secadores rotativos vem ganhando a preferência dos cafeicultores no Brasil, pelo fato de não necessitar de uma pré-secagem por longo período em terreiro, dos grãos, seja em coco ou em pergaminho, possibilitando a movimentação dos grãos, ao longo da secagem, não permitindo a ocorrência de fermentações, além de se tratar do mais adequado método mecânico de secagem para operar com grãos despulpados ou do tipo cereja descascado e desmucilado.

A avaliação das temperaturas do ar de secagem, associadas a diferentes fluxos de ar é fundamental para a obtenção de informações que possibilitem a redução do período de secagem, racionalização energética e manutenção da qualidade do produto final.

Embora a maioria dos produtores ainda utilizem lenha de árvores nativas, de eucalipto ou mesmo de cafeeiros substituídos como combustível para o processo de secagem, a utilização do gás liqüefeito de petróleo vem ganhando espaço, principalmente pela possibilidade de melhor controle das temperaturas do ar e da massa de grãos; de eliminação de possíveis odores de fumaça nos grãos secos, e de racionalização do uso de mão-de-obra, eliminando-se a necessidade de manutenção de vigilância contínua, ao longo da operação de secagem.

Após a realização da secagem, torna-se necessário submeter os grãos a um período de repouso em tulha, de, no mínimo 24 horas, com a finalidade de baixar a temperatura dos mesmos, evitando-se, assim, possível quebra do endosperma, durante o atrito dos grãos com os componentes metálicos, quando da retirada mecânica do pergaminho, para obtenção do café beneficiado.

A retirada dos pergaminhos permite a classificação das amostras segundo seu tipo, percentagens de peneiras, assim como pela análise sensorial das bebidas resultantes dos grãos componentes das mesmas.

A tecnologia pós-colheita adotada para a execução do projeto está entre as mais recentes no Brasil, pois apenas os cafés bóias e verdes são destinados à secagem em terreiro, permitindo a continuidade do processo de secagem para os grãos provenientes de frutos cereja.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos gerais

O trabalho tem por finalidades avaliar a influência de diferentes condições de fluxo de ar e temperatura de secagem na qualidade sensorial dos grãos de café arábica (*Coffea arabica* L.) cereja descascado e desmucilado Mundo Novo IAC 388-17.

2.2. Objetivos específicos

2.2.1. Avaliar o processo de secagem em função da temperatura e do fluxo de ar.

2.2.2. Analisar os parâmetros seca, cor, aspecto e bebida em função das condições de secagem.

2.2.3. Avaliar o consumo de GLP e o custo energético dos processos de secagem.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Importância econômica

O Brasil sempre é associado a café, cuja atividade constitui uma expressiva força econômica ao longo de toda a história da nação. E não faltam motivos, pois como pode ser observado na tabela 3.1, e segundo AGRIANUAL'99 (1998), o país é o maior produtor mundial, e o segundo maior consumidor. A produção de café no mundo encontra-se distribuída em 54 países, sendo o Brasil e a Colômbia os mais expressivos, representando 43% da produção mundial.

Seu cultivo vem sendo utilizado para alavancar o desenvolvimento dos principais estados brasileiros nos últimos cem anos. Trouxe a prosperidade a São Paulo e ao Paraná e hoje se expande pelos cerrados, sendo respaldado por uma tecnologia moderna e eficiente.

Tabela 3.1- Principais países produtores de café

Café em Grão - Produção em 10 Países Seleccionados (Mil Sacas de 60 Kg)								
Países	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98*	1998/99**
Brasil	28.500	24.000	28.500	28.000	16.800	28.000	23500	35.800
Colômbia	17.980	14.950	11.400	13.000	12.939	10.779	10.800	11.000
Indonésia	7.100	7.350	7.400	6.400	5.800	7.900	7.000	6.600
Vietnã	1.980	2.250	2.500	3.500	3.937	5.783	5.450	5.800
México	4.620	4.180	4.200	4.030	5.400	5.300	5.350	5.550
C. do Marfim	3.967	2.500	2.700	3.733	2.900	5.333	4.080	4.080
Uganda	2.900	2.800	2.700	3.100	4.200	4.350	3.300	3.800
Etiópia	3.000	3.500	3.700	3.800	3.800	3.800	3.500	3.700
Índia	3.200	2.700	3.465	3.060	3.717	3.417	3.800	3.500
Guatemala	3.549	3.584	3.078	3.500	3.827	4.141	3.527	3.127

Fonte: USDA. Extraído de (AGRIANUAL'99). Dados trabalhados pelo autor.

* Preliminar

** Previsão

Apesar do avanço tecnológico, o café é ainda o maior gerador de empregos do mercado de trabalho brasileiro. No Brasil, segundo VEGRO (1997), aproximadamente dez milhões de pessoas se envolvem direta ou indiretamente com o café, em todos os segmentos do setor, sem contar que o cafezinho pode ser considerado o cartão de visita aromatizado da família brasileira.

O consumo em nível interno no país compreende todos os tomadores da bebida, que pode ser saboreada de várias formas, quente, fria ou gelada, quando, para o consumidor, dois aspectos são importantes: a qualidade do café e o preço compatível.

Às portas do século XXI, o conceito Qualidade predomina em todos os segmentos da sociedade mundial e, no estudo dos grãos, não pode ser diferente.

As exportações brasileiras de café são observadas na tabela 3.2. Os maiores entraves à melhoria da participação brasileira no contexto mundial com referência à aceitação e volume exportado do seu café estão justamente na falta da qualidade desejada pelos consumidores mundiais.

Tabela 3.2- Exportações brasileiras de café*

Ano	Toneladas
1994	871.675
1995	722.101
1996	778.687
1997	869.031
1998**	335.155

Fonte: AGRIANUAL'99. Dados trabalhados pelo autor.

* Café torrado ou não, descafeinado ou não, em grão e moído. ** Até junho.

Por outro lado, é sabido que o café consumido no mercado interno é de baixa qualidade, se comparado aos cafés exportados.

Segundo MENDES & GUIMARÃES (1996), o consumo 'per capita' no Brasil é de 2,8 Kg/ano, já tendo sido de 4,5 Kg, na década de 70 e a expectativa de consumo neste mercado deve atingir 15 milhões de sacas/ano, a partir do ano 2000, de acordo com as metas da ABIC- Associação Brasileira da Indústria de Torrefação e Moagem de Café.

Analisando a evolução da produção de café no mundo, de 1900 a 1998, observa-se na tabela 3.3, que a participação brasileira caiu de 80% no início do século, para 27% em 1998. Em contrapartida, a evolução do consumo de café no mercado interno, a partir de 1980, teve um incremento de 52% até 1997, podendo chegar ao dobro no ano 2000, como mostra a tabela 3.4.

Tabela 3.3. Produção de café no Brasil e no mundo (Mil sacas de 60 Kg) período 1900-1998.

Ano/Safra	Brasil	Mundo	Participação Brasil (%)
1900	10.069	15.100	80
1910	10.653	14.350	74
1920	17.116	20.290	84
1930	16.650	25.230	70
1940	15.797	26.500	60
1950	16.754	31.300	54
1960	24.737	67.654	37
1970/74	20.500	59.540	29
1975/79	17.163	72.834	23
1980/81	16.438	86.229	19
1981/82	35.367	98.303	36
1982/83	16.175	82.132	20
1983/84	30.383	88.719	34
1984/85	21.805	90.379	24
1985/86	32.616	95.630	34
1986/87	13.500	79.316	17
1987/88	42.900	102.738	42
1988/89	20.630	92.090	22
1989/90	23.600	95.243	25
1990/91	25.325	100.181	25
1991/92	21.600	104.245	21
1992/93	21.299	92.888	23
1993/94	21.775	93.233	23
1994/95	15.488	98.126	16
1995/96	22.385	89.743	25
1996/97	19.526	103.894	19
1997/98	25.440	94.321	27

Fonte: Anuário Estatístico IBC (até 1989/90); Agrianual'99 (à partir de 1990/91)

Tabela 3.4- Evolução do consumo interno de café no Brasil, em sacas de 60 Kg/ano

ANOS	TOTAL
1980	7.556.270
1981	7.803.042
1982	7.557.862
1983	7.416.039
1984	6.892.160
1985	6.542.112
1986	5.568.856
1987	5.922.323
1988	5.806.978
1989	6.384.096
1990	8.200.000
1991	8.500.000
1992	8.900.000
1993	9.100.000
1994	9.300.000
1995	10.100.000
1996	11.000.000
1997	11.500.000
1998*	12.000.000
1999*	13.500.000
2000*	15.000.000

Fonte: até 1989- Anuário Estatístico do IBC; de 1990 a 1996: estimativa ABIC; * Previsão Abic

No Brasil, o café tem seu valor definido levando-se em consideração a qualidade e, de acordo com CARVALHO (1997), há necessidade de valorização ainda maior dos cafés de melhor qualidade, visando estimular o produtor a investir na melhoria qualitativa.

O café destaca-se nas exportações mundiais de matérias-primas agrícolas, superando o patamar dos US\$ 30 bilhões em volume de negócios, quando se considera a cadeia como um todo, segundo VEGRO (1997). Sua importância se amplia, quando se consideram os efeitos multiplicadores representados pelas atividades correlatas, como a agroindústria, (nas etapas de beneficiamento, torrefação e moagem, produção de solúvel) e a distribuição (SÃO PAULO, 1994).

Os preços do café estão altos desde a safra 1993-94, quando os estoques internacionais baixaram de 40 para 35 milhões de sacas, devendo-se à combinação da menor produção com o aumento do consumo; fato ainda agravado pela quebra da produção brasileira resultante das geadas ocorridas na safra 1994-95.

Seu consumo teve o crescimento impulsionado pela expansão econômica dos EUA e países asiáticos, além de campanhas baseadas em cafés de alta qualidade (AGRIANUAL'99, 1998).

O parque cafeeiro no Brasil, segundo MENDES & GUIMARÃES (1996) era de aproximadamente 3,5 bilhões de covas, em área superior a 2,3 milhões de hectares, formados por cerca de 80% da espécie arábica e de 20% da espécie robusta. De acordo com AGRIANUAL'99 (1998), estima-se terem sido plantadas mais de 4 bilhões de covas, entre 1994 e 1998. Além do aumento da área plantada, houve extraordinária melhora no manejo dos cafezais já existentes, visando incrementar a produtividade, deixando a média histórica de 9 sacas beneficiadas por hectare, chegando a 13 sacas, em 1998. A previsão das safras brasileira e mundial 1998-99 é de 35,8 milhões e 107,5 milhões de sacas, respectivamente. Dentre as perspectivas de mercado, é fundamental se investir em qualidade do grão, pois os mercados nacional e internacional se devem tornar cada vez mais exigentes. Segundo AGRIANUAL'99 (1998) isso poderá ser verificado pelos prêmios, cada vez maiores, pagos aos cafés de qualidade, podendo facilmente elevar os preços de venda em até 10%, melhorando a receita de quem produz.

3.2. O cultivar Mundo Novo IAC 388-17

O café arábica possui amplas áreas com ótimo clima para a cultura e produtividade. A diversidade do clima propicia variações nas características de acidez, corpo e aroma da bebida, na medida em que os processos fermentativos sejam controlados ou conduzidos. CAMARGO et al. (1992) afirmam que isso pode ser conseguido através de maiores cuidados nas operações de colheita e preparo do produto, ou mesmo pela seleção de microorganismos atuantes na fermentação do café.

Possíveis cruzamentos naturais entre o cultivar Sumatra e o Bourbon Vermelho deram origem ao cultivar Mundo Novo, através da seleção de 18 plantas de prefixos P374 a P391, e do teste de progênies com 20 plantas de cada prefixo realizados pela Seção de Genética do IAC, com a participação do Dr. Alcides Carvalho, sendo a linhagem IAC 388-

17 obtida da planta nº 17 de prefixo P388, nos municípios de Campinas, Mococa e Pindorama.

Trata-se de um cultivar largamente utilizado em todas as regiões cafeeiras do Brasil, apesar de suscetível à ferrugem. Isto se deve por apresentar elevada produção de café beneficiado, com cerca de 90% de grãos tipo chato, aliada a um bom vigor vegetativo e longevidade, além de possuir alta capacidade de adaptação.

FAZUOLI et al. (1999) revelam possuir elevada capacidade de adaptação, produzindo bem em quase todas regiões cafeeiras do Brasil, além de ser especialmente indicado para os cultivos em que se utiliza sistema de podas através de decote ou recepa, por apresentar ótima capacidade de rebrota.

MATIELLO (1991) afirma que linhagens do cultivar Mundo Novo ainda são recomendadas para regiões de altitudes elevadas, nos cultivos que adotam colheita mecânica, e ainda para regiões mais sujeitas à ocorrência de geadas, por apresentarem maior homogeneidade e precocidade na maturação dos frutos, respectivamente. O número de floradas expressivas é de apenas três, o que, de acordo com MENDES et al. (1995), possibilita a obtenção de um produto com menor percentual de frutos verdes por ocasião da colheita.

O porte das plantas é alto (cerca de 3,0 metros, em média, com variação entre 2,5 e 3,6 metros) e o diâmetro médio da copa, a 50 cm do solo, de 2,0 metros (de 1,4 a 2,7 m), com bom desenvolvimento do sistema radicular, de acordo com RENA et al. (1986). A arquitetura da planta é levemente cônica, com abundância de ramos produtivos e secundários.

3.3. Maturação

O crescimento inicial do fruto do café, até atingir a fase de chumbinho, é muito lento. Desse estágio até a fase de “fruto verde”, o crescimento é acelerado, até ocorrer o endurecimento do endocarpo. Segue-se um período de paralisação no crescimento “ao longo da formação e endurecimento do endosperma”, até o início da maturação, como

afirmam GUIMARÃES & MENDES (1996). Na maturação, além da mudança visível de cor, que passa do verde a vermelho ou a amarelo, dependendo do cultivar, o pericarpo aumenta de volume e o endosperma torna-se mais denso pela deposição de matéria seca, provocando o aumento de tamanho e de peso do fruto, segundo RENA et al. (1986).

De acordo com IBC-GERCA (1985), a maturação dos frutos se dá, em geral, nos meses de abril-maio. MATIELLO (1991) refere-se a esse período apenas para as regiões mais quentes, citando o período até julho-agosto, para regiões mais frias.

Sua homogeneidade depende, entre outros fatores, do número de floradas, latitude, altitude, variedade, espaçamento e condições climáticas do ano. Durante o período da colheita, é comum encontrarem-se vários estádios de maturação, tais como: verdes, verdolengos, cerejas, passas e coquinhos. O estádio de maturação denominado "cereja", da espécie *Coffea arabica* é a matéria prima ideal para a obtenção de um café de fina qualidade. Observando várias características do cultivar Mundo Novo colhido verde e maduro, TEIXEIRA et al. (1984) obtiveram valores de peneiras maiores para os grãos provindos de frutos cereja.

Devido à grande dificuldade na determinação do ponto de início da colheita, uma vez que a mesma deve ser efetuada com uma porcentagem mínima de frutos verdes e sem que uma grande quantidade de frutos secos tenha-se desprendido da planta, CHALFOUN & CARVALHO (1997) referem-se ao limite máximo de 5% de grãos verdes para seu início, sob pena de ocorrência de prejuízo sobre a qualidade do café. SAMPAIO & AZEVEDO (1989) analisaram a influência de grãos secos na planta, em mistura com grãos cereja do cv. Mundo Novo, e afirmam haver uma tendência de aumento no número de defeitos com o aumento da porcentagem de grãos secos no pé em mistura com grãos cereja, tendo a qualidade da bebida sido alterada a partir da adição de 10% de grãos secos.

3.4. Colheita

Um bom café, segundo MENDES et al.(1995), pode perder a qualidade na colheita, no preparo ou já vir contaminado da lavoura pela presença de microorganismos.

O processo mais recomendado para regiões de altitude elevada e de inverno úmido é a derriça no pano, onde, segundo MATIELLO (1991), o café é derriçado sobre panos ou plásticos “ráfia” colocados sobre o chão, com a finalidade de impedirem que os grãos entrem em contato com a terra e com os grãos precocemente caídos, facilitando a abanação para a separação de folhas e ramos, além de evitar a presença de terra, pedras e torrões, facilitando o processo de lavagem.

Segundo IBC-GERCA (1985), os frutos caídos no chão constituem cafés de varrição e devem ser conduzidos separadamente em todo o processamento, pois, em geral, são de qualidade inferior. Estudando a microflora associada a diferentes tipos de colheita, CHALFOUN & CARVALHO (1989) concluíram que os frutos colhidos a dedo (cerejas), apresentaram o menor ataque de fungos, em relação à mistura de grãos, sugerindo a eliminação de grãos inferiores através do despulpamento. CARVALHO et al. (1989) avaliaram o efeito do tipo de colheita na composição físico-química do grão beneficiado, tendo os grãos cereja apresentado menores teores de fenólicos ativos (adstringentes).

No Brasil, a colheita é feita basicamente no forma de derriça no pano ou no chão, obtendo-se uma mistura de frutos com diferentes características, principalmente em relação à maturação e umidade, em várias fases pós-colheita, como pode ser observado na tabela 3.5.

Tabela 3.5- Teores de Umidade nas Diversas Etapas do Café Colhido

Tipos de Café	Teor de Umidade
Verde	60 - 70%
Cereja	45 - 55%
Passa	30 - 40%
Coco	20 - 30%
Ao ser despulpado	50 - 55%
Teor de umidade do café beneficiado	10 - 12%
Café em coco, seco em terreiro, antes de ser levado à tulha	11 - 12%
Café em terreiro após pré-secagem de 5 a 6 dias antes de ir ao secador	13 - 14%
Umidade de armazenamento de café despulpado já beneficiado	12 - 13%

Fonte: CHALFOUN & CARVALHO (1997)

Analisando a preservação da qualidade do café, sua relação com o número de cafeeiros na propriedade e tipo de manejo a partir da colheita, CHALFOUN & CARVALHO

(1996) obtiveram maiores pontuações para processos de colheita no pano, com posterior uso de lavador e realização de secagem mecânica.

O café colhido deve ser abanado no mesmo dia da derriça, sendo, em seguida, levado para a lavagem, segundo recomendações de RENA et al. (1986), pois a prática tem demonstrado que, quanto maior for o tempo de contato dos grãos com o chão, ou sua permanência na árvore, maior é a incidência de grãos pretos, considerados os piores defeitos do café. Respeitadas as capacidades de lavagem e secagem do café, o sistema de colheita deve ser realizado no menor espaço de tempo possível, evitando-se assim, que a mesma coincida com as floradas do novo ano agrícola.

O processamento do café do tipo cereja descascado, exige uma grande quantidade de grãos nesse estágio, sendo facilitado nos meses iniciais da colheita, devido a sua grande predominância.

3.5. Lavagem

A lavagem do café, mesmo sendo colhido no pano, é indispensável para obtenção de um produto de boa qualidade, conforme afirmam RENA et al. (1986).

A lavagem é uma operação que tem por objetivo eliminar impurezas e separar o café, segundo sua densidade, em bóias (secos) e cerejas mais os verdes (mais densos), conseguindo-se um café com seca mais uniforme, segundo IBC-GERCA (1985). A separação das impurezas, segundo relatam CHALFOUN & CARVALHO (1997), aumenta a vida útil dos secadores e máquinas de benefício, pela diminuição do processo de abrasão nos mesmos.

MATIELLO (1991) relata que a melhoria da qualidade do café é obtida: pelo processamento separado da fração de cafés cereja, que ainda não sofreram ação de fermentações; pela separação de grãos chochos, mal granados ou brocados (em grau adiantado), reduzindo, assim, os grãos defeituosos da parcela de cafés pesados; e pela seca mais uniforme dos grãos. LUZIN et al. (1989) avaliaram a utilização de lavadores e

secadores mecânicos, tendo concluído que o uso de lavadores mecânicos permitem a obtenção de cafés de qualidade e melhor preferência para comercialização.

Segundo THOMAZIELLO et al. (1996), nesta fase, o café pode ser preparado por via úmida ou por via seca. No processo “via úmida”, os cafés bóias são secos ou pré-secos em terreiros e então encaminhados a secadores. Os cafés cerejas e os verdes são encaminhados para o despulpamento, sendo os cerejas, descascados; e os verdes, separados para serem secos em terreiros.

No preparo por via seca, após a separação, pela lavagem, em bóias e cerejas mais os verdes, ambos são secos separadamente em terreiros ou pré-secos nos mesmos, sendo a secagem completada em secadores mecânicos.

O processamento de café por via úmida, do tipo cereja descascado é, segundo MENDES et al. (1995), considerado intermediário, por ter sua polpa retirada, sem a remoção, a princípio, da mucilagem.

3.6. Despulpamento e Desmucilagem

O despulpamento compreende a separação da polpa (casca mais parte da mucilagem aderida a ela), presentes nos grãos durante o estágio denominado cereja, obtendo-se o café despulpado, compreendido pelo endosperma, pergaminho e uma quantidade remanescente de mucilagem (SERRANO, 1995). Este processo é normalmente realizado por despulpadores mecânicos dotados de um cilindro giratório recoberto por uma “camisa” que aprisiona os frutos, pressionando-os contra uma barra de borracha e, com o auxílio da propriedade lubrificante da mucilagem, separam a casca dos grãos envolvidos pelo pergaminho (IBC-GERCA, 1985 e MATIELLO, 1999).

Para a obtenção do café denominado despulpado, após este processo, os grãos são submetidos a processos de fermentação natural, para eliminação do restante da mucilagem aderida ao pergaminho.

MATIELLO (1991) cita que este processo é indicado para regiões de inverno úmido, pela dificuldade de manipulação dos grãos no terreiro, e recomenda que o mesmo seja realizado dentro de, no máximo, 24 horas após a colheita.

Este método de preparo é muito utilizado por produtores da América Central, México, Colômbia e Quênia, alcançando boas cotações no mercado. Segundo CHALFOUN & CARVALHO (1997), outras vantagens deste método são a diminuição da área de secagem (redução de 60% do volume), e a redução no tempo de secagem, não só por ser um café uniforme, como também por apresentar um teor de umidade mais baixo (em torno de 50%). Estudando a caracterização de cafés despulpados na zona da mata, em Minas Gerais, MATIELLO et al. (1989) concluíram que essa prática, quando seguida de cuidados adicionais na secagem, promovem melhoria da qualidade e aumento da rentabilidade para os cafeicultores.

BARBOZA & AMAYA (1996), analisando a qualidade do grão e da bebida do café var. Caturra em função do tempo de fermentação da mucilagem, se referiram à necessidade de controle total da fermentação, para se evitar a sobrefermentação dos grãos, uma vez que este processo depende das condições climáticas. OLIVEROS-TASCÓN & GUNASEKARAN (1995), verificando a potência necessária e a taxa média de deformação dos grãos submetidos à desmucilagem mecânica dos grãos de café, citaram que o processo de fermentação permite a obtenção de cafés de alta qualidade, quando realizado sob controle freqüente, uma vez que se deixa de exportar grandes quantidades de café devido a defeitos de qualidade em taxas atribuídas à sobrefermentação do café.

BRANDO (1992) citou as principais vantagens do sistema “cereja descascado” e, expondo os resultados dos dois primeiros anos do sistema, confirmou a superioridade dos cafés obtidos por este processo, observando a necessidade de se eliminar a pré-secagem em terreiros e de estudos para a determinação do tempo pelo qual estes grãos em pergaminho podem permanecer armazenados. No processamento do café do tipo cereja descascado, após o despulpamento, a mucilagem restante não é retirada.

Já para a obtenção do café do tipo cereja descascado e desmucilado, o restante da mucilagem aderida ao pergaminho é retirado mecanicamente, em desmucilador. Segundo SERRANO (1995), a desmucilagem mecânica consiste na retirada da mucilagem

remanescente aderida à parede externa do pergaminho, com as finalidades de facilitar e baratear o processo de secagem, uma vez que, devido a sua natureza coloidal, retém tenazmente a água, dificultando e encarecendo a secagem. A retirada da mucilagem é feita pelo atrito e conseqüente abrasão entre os grãos que, em fluxo ascendente e presença de água, passam por uma árvore metálica, promovendo seu desprendimento.

A desmucilagem somente estará concluída quando a mucilagem estiver completamente desprendida do pergaminho e, de acordo com IBC-GERCA (1985), esse reconhecimento é feito quando uma porção de grãos, esfregados à mão, não mais escorregam, dando a sensação de aspereza entre os mesmos.

CORTEZ et al. (1997) analisaram os sistemas de colheita e processamento de café de montanha no leste mineiro e suas influências sobre a bebida e industrialização, resultando em melhores processamentos os que envolveram grãos cereja-descascados, considerando ainda a grande sensibilidade à deterioração da qualidade do café, quando a secagem se completa ainda no terreiro.

TAGLIALEGNA & FAVARIN (1998), avaliando os custos de vários métodos de preparo, secagem e beneficiamento de café, concluíram que, até a etapa de secagem, o tipo cereja descascado, verde natural e bôia natural apresentou o menor custo, quando comparado aos demais métodos, principalmente devido ao menor volume ocupado no secador por unidade de saca beneficiada.

3.7. Pré-secagem

Se o café cereja em processamento não for do tipo despulpado (com fermentação prévia da mucilagem) ou desmucilado (com sua retirada mecânica), obrigatoriamente terá de passar um período no terreiro, com a finalidade de reduzir sua umidade, antes de ser destinado à secagem mecânica. A desmucilagem mecânica permite o encaminhamento do café após a simples drenagem da água utilizada nos processos de lavagem, despulpamento e desmucilagem, o que pode ocorrer em períodos inferiores a 12 horas.

CHALFOUN & CARVALHO (1997) se referem ao período de pré-secagem em terreiro, para cafés despulpados, em torno de 2 a 3 dias. A não realização desta etapa, implica a formação de aglomerados de grãos, pela presença de mucilagem, ao longo da secagem mecânica, dificultando a homogeneização do produto.

Para cafés preparados por via seca, ou seja, sem a retirada da casca, o período de pré-secagem em terreiro deve ser, conforme recomendações de MENDES et al. (1995), de 6 dias, no mínimo e de MATIELLO (1991), de 3 a 7 dias.

3.8. Secagem mecânica

Segundo THOMAZIELLO et al. (1996), a secagem correta é fator de importância na obtenção de um produto de boa qualidade.

Ferraz e Veiga (1960), apud ABRAHÃO et al. (1976), afirmam serem 6 os fatores que afetam a qualidade da bebida do café: grau de maturação, variedade, tempo decorrido entre a colheita e o início da secagem, influência do primeiro tratamento térmico, temperatura e velocidade de secagem.

Apesar dos ventos e da energia solar não apresentarem custos reais, o baixo rendimento dessa energia exige o uso de grandes áreas de terreiro e um grande número de horas de trabalho.

Estudos sobre as causas da mudança de coloração de grãos de café na secagem, mostraram que a secagem ao sol causou uma degradação fotoquímica parcial dos pigmentos verdes por estes produzidos. Dessa forma, segundo RENA et al. (1986), a remoção da água dos grãos até a redução do teor de umidade para 11 a 12%, pode ser conduzida em secadores mecânicos.

Os secadores podem ser horizontais rotativos intermitentes, do tipo barcaça ou modelo Viçosa, ou verticais com câmara de repouso.

Segundo MATIELLO (1991), além da redução no tempo de secagem, a utilização de secadores viabiliza a secagem em regiões úmidas e em períodos de chuva.

Para que a qualidade do café seja mantida, RENA et al. (1986) indicam a necessidade de controle da temperatura da massa de grãos ao longo do processo de secagem, além do abastecimento dos secadores com partidas homogêneas de grãos,

Ao estudar a otimização energética em operações pós-colheita de café, BARROS et al. (1994) concluíram que a secagem mecânica, considerados os tipos de secadores horizontais e verticais, representa 80% do consumo total de energia elétrica, sendo diretamente influenciada pela umidade inicial do café, a temperatura de secagem, a uniformidade dos lotes e a forma de carregar o secador; suas avaliações permitiram também concluir que 90% dos cafés processados mecanicamente apresentaram excelente qualidade.

MENDES et al. (1995) declaram que o mau uso de secadores deprecia o aspecto e o tipo do café, acarretando uma redução de aproximadamente 15% do valor do produto, referindo-se à necessidade da existência de 2 termômetros nos secadores mecânicos, sendo um destinado à leitura da temperatura do ar de secagem junto ao ventilador e o outro junto à massa de grãos, na câmara de secagem.

PRETE et al. (1995) avaliaram o efeito da temperatura de secagem de frutos de café colhidos nos estádios de maturação cereja e verde, em estufa com circulação forçada de ar, e observaram que a secagem dos frutos colhidos no estágio cereja independente da temperatura de secagem, resultou em grãos normais, com pequeno número de defeitos, obtendo alteração na qualidade da bebida, nos grãos submetidos à secagem artificial a 60°C.

Por ser mais sensível às variações do ambiente que os cafés preparados por via seca, CHALFOUN & CARVALHO (1997) fazem referência à necessidade de descanso do café despulpado, após a secagem, em tulhas com boas condições de armazenagem, a fim de lhe conferir aspecto uniforme e cor azulada, características dos bons despulpados.

Ao estudar a deterioração pós-colheita do café, GODINHO et al. (1998) sugeriram que o embranquecimento nos grãos possa ser devido à alta temperatura de secagem (próxima de 60°C), relacionando a desuniformidade da cor dos grãos ao manejo inadequado em secadores a altas temperaturas.

3.9. Secadores horizontais rotativos

Possuem capacidade de carga entre 1.600 e 15.000 litros de café e são também conhecidos como pré-secadores, por poderem receber cafés bóias ou cerejas ainda úmidos, e os descascados e desmucilados, após serem submetidos à drenagem da água resultante dos processos de lavagem e despulpamento.

De acordo com VIEIRA (1994), o secador rotativo realiza secagem contínua, por não apresentar câmara de descanso, sendo mais recomendado para a pré-secagem ou para cafés despulpados, sendo um dos secadores mais eficientes devido à movimentação do café e à distribuição mais uniforme do ar quente em contato com os frutos em todo o secador.

Segundo BÁRTHOLO et al. (1989) e CHALFOUN & CARVALHO (1997), sempre se deve deixar um vão de 20 a 30 cm ao final do carregamento de café em secadores rotativos, para se possibilitar a movimentação dos grãos durante o processo de secagem.

Dadas as características construtivas e por serem de carga fixa, CUNHA & SERÓDIO (1991) afirmam que a carga de cacau dos secadores rotativos nunca deve ser muito inferior à sua capacidade de carga, a fim de se evitar uma redução na eficiência de secagem.

MENDES et al. (1995), sem especificar o tipo de café em processamento, relatam a possibilidade de utilização dos secadores rotativos, de 3 maneiras diferentes: como pré-secador, trabalhando inicialmente sem aquecimento do ar, durante 2 horas, para escorrimento da água, seguindo-se um aquecimento do ar de secagem a, no máximo, 60°C, para o murchamento e perda da umidade externa, em seguida enviando o produto para secadores verticais; no uso em pré-secagem até a secagem final, usando-se o procedimento anterior, elevando-se, em seguida, a temperatura do ar de secagem a 90°C, até o final do processo; ou, após ter sido pré-seco em terreiro, iniciando a secagem a uma temperatura do ar de 90°C, como na opção anterior.

OLIVEIRA et al. (1984) avaliaram o desempenho de diversas formas de secagem, indicando a necessidade de revolvimento constante do produto, o que, mecanicamente, só pode ser realizado por secadores rotativos.

Ensaio sobre secagem de café cereja descascado em secador rotativo realizados por CUNHA et al. (1995), se referem à condição necessária de baixa temperatura do ar de secagem e da massa de café ao longo do processo, para se obter café de qualidade, como se observa na tabela 3.6.

Tabela 3.6- Variações nas secagens e efeitos sobre a bebida do café.

Secador	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da massa (°C)	Tempo de secagem (h)	Umidade (%bu)	Bebida
Rotativo	33	32	37,5	15,2	Apenas mole
Rotativo	41	40	26,0	12,3	Apenas mole

Fonte: CUNHA et al. (1995)- Dados trabalhados pelo autor.

3.9.1. Temperatura

OSÓRIO (1982), estudando secador intermitente de fluxos concorrentes para café com temperaturas do ar de secagem de 80, 100 e 120°C, observou que os fatores que mais exerceram influência no tempo de secagem foram: temperatura de secagem, teor de umidade inicial e final e vazão do ar, com efeito mais pronunciado na temperatura.

IBC-GERCA (1985) e THOMAZIELLO et al. (1996) recomendam o procedimento da secagem com temperaturas não superiores a 45°C na massa de café, para obtenção de boa qualidade, não ultrapassando, no início da seca, 30-40°C e 30°C, respectivamente, devido à presença de frutos ainda verdes, o que poderia transformá-los em “preto-verdes”, pela oxidação da película prateada piorando o aspecto, o tipo e a bebida do café.

Um ensaio de secagem com cafés verdes, citado por RENA et al. (1986), com temperaturas na massa de grãos variando de 30 a 60°C, resultou em 2,26% de grãos pretos para 30°C; 21,5% para 40°C; 51,20% para 50°C e 100% para 60°C.

CHALFOUN & CARVALHO (1997) afirmam que temperaturas superiores a 45°C na massa de café, além de provocar o aparecimento de grãos preto-verdes, caracterizados pela coloração preta-brilhante, podem ainda causar o branqueamento do café.

BARTHOLO et al. (1989), descrevendo os cuidados na secagem do café cereja sem pré-secagem, se referiram à necessidade de manter a temperatura do ar quente abaixo de 60°C até a condição de meia seca (30% bu) na massa de café, devendo-se elevar a temperatura para 90°C, mantendo a massa de café no limite de 45°C até atingir 17% de umidade, baixando-se a temperatura do ar para 60°C, até o final da seca.

GUIDA (1994), analisando a influência da temperatura na secagem de cafés despulpados em secador experimental de camada fixa, concluiu que o tempo de secagem diminuiu consideravelmente com o aumento da temperatura, independente da altura da camada de café, sendo que o tempo, à temperatura de 45°C foi sempre maior que o dobro do tempo à temperatura de 70°C, ressalvado o aspecto do café, que foi ruim a esta temperatura, em todas as camadas.

IBC (1985) apud VIEIRA (1994) relata que não se deve ultrapassar de 80°C a temperatura da entrada do ar, sendo recomendável 65 a 70°C, sob o ponto de vista de segurança e economia da operação.

Silva et al. (1992) apud VIEIRA (1994) desenvolveram e analisaram um secador intermitente de fluxo contracorrente para café, utilizando temperaturas do ar de secagem de 60, 80 e 100°C e recomendam a temperatura de 100°C, em razão do menor tempo de secagem, consumo de combustível e da não constatação dos efeitos da temperatura sobre a qualidade final do produto.

Ruiz Aguas (1988) apud GUIDA (1994) revela que, em secadores do tipo Guardiola, com o café em movimento, podem ser empregadas temperaturas do ar de até 80°C, com acompanhamento para prevenção contra incêndio e danos no grão.

3.9.2. Fluxo de ar

Em algumas operações, como a secagem e a aeração, os aspectos de engenharia relacionados ao fluxo de ar são, de acordo com ATHIÉ et al. (1998), fundamentais para a seleção de equipamentos e dimensionamento de sistemas de ventilação.

Segundo SILVA & BERBERT (1999), nos secadores em que a secagem é realizada por meio de fluxo de ar, a característica do ventilador é de suma importância para o bom funcionamento do sistema, devendo ele ser projetado para vencer a resistência oferecida pelo produto, a uma determinada temperatura, à passagem de um determinado fluxo de ar.

Os secadores rotativos são caracterizados por apresentarem o fluxo de ar sem intermitência, consistindo no movimento dos grãos dentro do secador, de forma concorrente, contracorrente e/ou cruzada, (KREYGER, 1973; LASSERAN, 1979 e BROOKER et al., 1992).

De acordo com a atuação do ar aquecido, a secagem nestes equipamentos pode ser considerada como intermitente, pois há ocorrência de intervalos regulares sem aquecimento, caracterizando períodos de repouso, como os descrevem (TOLEDO & MARCOS F.º, 1977, PUZZI, 1986 e BROOKER et al., 1992).

VIEIRA (1994) e VIEIRA & VILELA (1995), analisando a secagem intermitente de café em secador experimental de camada fixa, concluíram que o fluxo de ar tem maior efeito em diminuir o tempo total de secagem, sendo mais significativo em parcelas submetidas a menores períodos de repouso.

Analisando a influência do fluxo de ar na secagem de café despulpado em secador experimental de camada fixa, GUIDA (1994) concluiu que o fluxo de ar influenciou o tempo total de secagem e o tempo de secagem no secador, sendo que este tempo no menor fluxo de ar foi sempre maior que o dobro para o fluxo de ar maior, em todos os períodos de descanso, porém, prejudicando o aspecto do café.

Segundo Ashrae (1996), apud MOREIRA (1999), a pressão barométrica local pode ser expressa pela equação 3.2.

De acordo com DWYER (1988), o ar de secagem pode ter seu fluxo determinado a partir do conhecimento da sua pressão de velocidade, pelas equações 3.1, 3.3 e 3.4.

$$V_{ar} = 893,03 * \sqrt{P_V / D} \quad (\text{equação 3.1})$$

onde:

V_{ar} = Velocidade do ar, (m.min⁻¹)
 P_V = Pressão de velocidade, (cm.H₂O)
 D = Densidade do ar, (Kg/m³)

$$P_b = 101,325 * (1 - 2,25577 * 10^{-5} * L)^{5,2559} \quad (\text{equação 3.2})$$

onde:

101,325 = Pressão barométrica ao nível do mar, (KPa)
 P_b = Pressão barométrica local, (KPa)
 L = Altitude, (m); válida para (-500 até 11.000m)

$$D_{ar} = 3,48 * (P_b / T) \quad (\text{equação 3.3})$$

onde:

D_{ar} = Densidade do ar, (Kg.m⁻³)
 P_b = Pressão barométrica, (KPa)
 T = Temperatura absoluta, (°C + 273,15)

$$F_{ar} = A_d * V_{ar} \quad (\text{equação 3.4})$$

onde:

F_{ar} = Fluxo de ar, (m³.min⁻¹)
 A_d = Área do duto, (m²)
 V_{ar} = Velocidade do ar, em (m/min)

3.9.3. Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)

Segundo CLIFFORD (1962), a principal vantagem na utilização do GLP é a possibilidade de ser transportado na forma líquida, o que não pode ser realizado com o gás natural. Isto se deve ao fato de possuir a característica de liquefazer-se a pressões moderadas, tornando fácil, econômica e cada vez mais ampla sua distribuição (EGSA, s.d. e CAMPOS & LAGE, 1977)

Dado o seu alto poder calorífico, de 46.055 KJ/Kg (11.000 Kcal/Kg), o GLP apresenta grandes vantagens sobre os combustíveis sólidos ou líquidos. Sob o ponto de vista segurança, sua utilização é relativamente cômoda, já que é constituído de hidrocarbonetos que possuem pressão de vapor relativamente baixa (entre 5,6 e 15,0 Kgf/cm²), conforme a predominância de butano ou de propano, o que possibilita o transporte em recipientes de aço mais leves (CAMPOS & LAGE, 1977). Tal mistura de gases se torna ideal, por apresentarem limites de inflamabilidade muito próximos.

A densidade relativa do propano é de 1,522 e do butano, de 2,006; ou seja, para uma temperatura de 15,5°C, 1 litro de propano pesa 508,9g e de butano, 528,4g o que torna, segundo EGSA (s.d.) necessária uma corrente de ar para que o GLP se dissipe, na atmosfera.

Por apresentar queima limpa, composição uniforme, transporte e estocagem fáceis, baixo teor de enxofre não corrosivo e alto poder calorífico, o GLP é particularmente indicado e adequado, segundo CAMPOS & LAGE (1977), como fonte de aquecimento.

CLIFFORD (1962) relata que na América do Norte, o GLP tem aplicações agrícolas desde a década de 40, em aquecimento de aviários, desidratação, secagem de tabaco, alfafa e grãos, propulsão de motores de tratores e bombeamento para irrigação.

Segundo THOMAS (1965), 75% do GLP comercializado no mundo é extraído do gás natural, sendo o restante obtido em refinarias de petróleo e de vapores líquidos resultantes do processamento do óleo cru.

Em estado gasoso, o poder calorífico do propano, nas condições de 1 atmosfera de pressão e 20°C, é de 72.750 KJ/ m³ (17.375 Kcal/m³) e do butano, de 95.800 KJ/ m³ (22.880 Kcal/m³).

Para o GLP à temperatura de 15,5°C e 1 atm, a temperatura da chama é de 1.980°C; sendo necessários 24 m³ de ar para queimar 1 m³ de propano e 31 m³ de ar para queimar 1 m³ de butano.

O fluxo do gás utilizado normalmente é medido por rotâmetros, sendo os cilíndricos, de vidro e recobertos por proteção metálica, de acordo com HAYWARD (1981), referenciais para medições de água, ar ou líquidos de baixa viscosidade, podendo ser obtido pela equação 3.5 (SANTOS, 1988; SANTOS & TAIRA, 1995 e MATSUMOTO, 1999).

$$Q = Q_{\text{medida}} * \sqrt{\frac{P + 1,013}{2,513}} * \sqrt{\frac{298,15}{T + 273,15}} * \sqrt{\frac{2,05}{d^r}} \quad (\text{equação 3.5})$$

onde:

Q = vazão instantânea de GLP, (Kg/h)

Q_{medida} = vazão lida no rotâmetro, (Kg/h)

P = pressão manométrica real no rotâmetro, (Kgf/cm²)

T = temperatura do GLP, (°C)

d^r = densidade real do GLP, (adimensional)

1,013 = pressão atmosférica, em Kgf/cm² (constante utilizada p/ converter pressão atmosférica em absoluta)

2,513 = pressão absoluta de aferição dos rotômetros (1,5 Kgf/cm² manométricos)

298,15 = temperatura absoluta de aferição dos rotômetros (25°C)

273,15 = constante utilizada p/ conversão de °C para °K

2,05 = densidade normal do GLP utilizada para aferição dos rotômetros (equivalente a mistura com 50% de butano e 50% de propano)

Os queimadores são equipamentos que possuem , segundo REED (1983), as funções primárias de estabelecer o posicionamento e tipo de chama, bem como de manter a ignição contínua ou intermitente, segundo a seleção de uma mistura prévia ar/combustível.

GARCIA et al. (1998), estudando a secagem de café com queimadores a gás em secador vertical, concluíram que o sistema é prático e funcional, sendo que o queimador da marca Ecoflam, por possuir termostato, foi ligeiramente mais rápido em relação ao da marca Rayburners, sem citar os respectivos modelos, como se observa na tabela 3.7 e, em termos econômicos, o custo do gás consumido nas secagens foi semelhante ao custo da lenha, baseando-se em trabalho de Nogueira et al. (1987), que obtiveram um consumo de 0,2208 m³ de lenha por hora de secagem.

Segundo PINHALENSE (1994), fornalhas que fornecem entre 655.200 e 936.000 KJ/h, apresentam um consumo de lenha entre 0,16 e 0,23 m³/h.

Tabela 3.7- Média do comportamento de secagens com 2 tipos de queimadores.

Queimador	Umidade do café (% bu)			Consumo de GLP (Kg)	Tempo gasto (h)	Consumo de GLP (Kg/h)	Umidade perdida/hora
	Inicial	Final	Diferença				
Rayburners	20,79	11,66	9,13	71	14:40	5,00	0,60%
Ecoflam	21,04	11,53	9,52	60	12:10	4,97	0,73%

Fonte: GARCIA et al.(1998)

3.9.4. Teor de umidade

Em regiões muito úmidas, o café aumenta sua umidade quando armazenado e sofre o embranquecimento e aumento do volume dos grãos, chegando a estourar a sacaria, de acordo com IBC-GERCA (1985).

Teores de umidade abaixo do adequado também são prejudiciais, pois, uma quantidade de água deixa de ser comercializada, diminuindo o rendimento do produto e o lucro do produtor, além de, por ocasião do beneficiamento, aumentarem sensivelmente o número de grãos quebrados, por perda de viscoelasticidade, aumentando o número de defeitos e, em consequência, influenciando para pior na classificação do café por tipo.

Segundo MATIELLO (1991), no ponto final de seca, os grãos beneficiados devem ter 12% de umidade, verificado, na prática, pela facilidade com que os frutos se descascam e a película prateada se solta. THOMAZIELLO et al. (1996), referem-se ao término da seca, ao se atingir 11 a 12% de umidade.

O teor de umidade pode ser verificado através do uso de determinadores de leitura direta, durante e ao final da secagem, momento em que, de acordo com IBC-GERCA (1985), o café perde de 1 a 2% de umidade, principalmente quando a massa ainda estiver quente.

MENDES et al. (1995) recomendam o recolhimento do café seco em secadores rotativos horizontais, ainda quente, para a tulha, com 12 a 14% de umidade.

O café 1% mais seco que o normal, segundo CHALFOUN & CARVALHO (1997), representa uma perda de 600 gramas/saca. Referindo-se aos métodos empíricos utilizados para a verificação da umidade dos grãos, que podem levar a erros de 1 a 2%, recomendam sua verificação, utilizando-se determinadores de umidade, afirmando que o teor de umidade final para o armazenamento deve ser de 10 a 12%. Sugerem a realização de testes, para verificação das temperaturas e umidade ideais de retirada dos grãos após a secagem a cada propriedade agrícola, devido a diferenças nos tipos de secadores e na estrutura de armazenagem.

Entre os métodos de determinação de umidade de grãos, o da estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}/24\text{h}$ (BRASIL, 1992), embora não sendo aplicável em condição de campo, devido principalmente às características dos equipamentos utilizados, é de grande confiabilidade em nível laboratorial onde, por diferença de peso dos grãos, a umidade é obtida através da equação:

$$\% U (bu) = \frac{(P_c + P_u) - (P_c + P_s)}{P_u} * 100 \quad (\text{equação 3.6})$$

onde:

U (bu) = Umidade base úmida (%)

P_c = Peso do cadinho vazio, (g)

P_u = Peso dos grãos de café úmidos, (g)

P_s = Peso dos grãos de café secos, (g)

3.10. Armazenagem em pergaminho

O café despulpado é sensível às variações ambientais, devendo ser armazenado em boas condições, permitindo o armazenamento por um período superior a um ano. A retirada do pergaminho, segundo CHALFOUN & CARVALHO (1997), diminui o período de conservação, recomendando o benefício do produto na medida em que for sendo vendido.

THOMAZIELLO et al. (1996) citam que cafés em coco ou pergaminho, armazenados nos teores de umidade recomendados, mantêm a cor original e se conservam bem durante meses, em ambientes frescos, com temperaturas máximas de 20°C e umidades relativas ao redor de 65%, mantendo-se com 11 a 12% de umidade, por tempo indefinido. RENA et al. (1986) afirmam que, nessas condições de armazenamento, as qualidades sensoriais do café também são preservadas durante meses.

3.11. Beneficiamento

MATIELLO (1991) o define como a operação efetuada por máquinas que transformam, pela eliminação das cascas e pela separação dos grãos, o café em coco seco ou em pergaminho, em café beneficiado, também chamado café verde.

O beneficiamento do café pode ser realizado, segundo MENDES et al. (1995) e CHALFOUN & CARVALHO (1997), após um descanso de 4 dias, se preparado em terreiro e, após 6 dias, se seco mecanicamente.

A relação em peso no café despulpado é, de acordo com THOMAZIELLO et al. (1996), de 20% de palha e 80% em café beneficiado, sendo necessários 3,5 litros de café despulpado para a obtenção de 1,0 Kg de café beneficiado.

O beneficiamento, segundo RENA et al. (1986), consta das operações de pré-limpeza, catação de pedras, descascamento e classificação.

No caso de cafés em pergaminho, a pré-limpeza é desnecessária, uma vez que as impurezas maiores são retiradas ao longo dos processos de lavagem e despolpamento.

A catação de pedras retira, através de diferença de densidade, as pedras não retiradas na operação de pré-limpeza.

A máquina de beneficiar deve ser regulada antes de ser usada, com a finalidade de se evitar a quebra de grãos, a saída de grãos junto com a palha ou a saída de palhas junto com os grãos, segundo CHALFOUN & CARVALHO (1997).

O descascamento compreende a retirada da polpa seca, no caso de cafés em coco, ou do pergaminho, no caso de cafés despolpados ou cerejas descascados, obtendo-se o grão beneficiado. O produto obtido é denominado “bica corrida”, e compreende os grãos de todos os tamanhos.

A classificação é um procedimento geralmente utilizado por empresas exportadoras e compreende a separação dos grãos por peneiras ou grupos de peneiras, com a finalidade de se homogeneizar os lotes de café, para obtenção de maior uniformidade no processo de torrefação.

3.12. Armazenagem pós-benefício

Para ser armazenado, o café beneficiado é acondicionado em sacos de juta com peso bruto de 60,5 Kg, em pilhas, dentro dos armazéns. A armazenagem a granel de cafés beneficiados, pode ser efetuada, desde que sob condições controladas.

MATIELLO (1991) cita várias destas condições, tais como: Umidade inicial do grão armazenado, entre 11 e 12%; localização dos armazéns em terrenos altos, ensolarados e ventilados; aberturas para ventilação e iluminação controlada.

Em caso de armazenamento na propriedade, (MENDES et al., 1995) advertem que o produtor deve colocar as sacas empilhadas sobre estrados e afastadas das paredes.

Os armazéns-padrão são utilizados para o café já beneficiado, pois, segundo CHALFOUN & CARVALHO (1997), permitem uma boa conservação do produto a uma temperatura máxima de 21°C, umidade relativa do ar máxima de 70%, ventilação

adequada, proteção contra incidência de luz solar direta sobre os grãos, seguindo todas as normas de segurança, além de possuir um seguro a custo compensatório.

A altura máxima das pilhas, nesses armazéns, deve ser de 20 sacas para empilhamento manual e de 25 sacas para empilhamento mecânico; a altura do pé direito do armazém, de 6 metros e, ao menos 20% da área de armazenagem destinada a corredores e ruas.

3.13. Qualidade

Os padrões qualitativos dos produtos alimentares variam de acordo com o tipo de mercado. CARVALHO (1997) define qualidade, de um modo mais amplo, como “Satisfação total do Consumidor”.

Em linhas gerais, segundo MATIELLO (1991) e THOMAZIELLO et al. (1996), o café beneficiado brasileiro tem sua qualidade determinada por duas fases distintas: classificação por tipos ou defeitos e a classificação pela qualidade. O estabelecimento do Decreto n.º 27.173, em 1949, aprovou especificações e tabelas para a classificação e fiscalização do café e a Resolução n.º 12.178, aprovada em março de 1978 pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, fixou padrões de qualidade e identidade para alimentos e bebidas incluindo o café.

3.14. Classificação

O café pode ser classificado quanto ao tipo e qualidade, formando a base para a classificação oficial dos cafés produzidos no Brasil.

Segundo THOMAZIELLO et al. (1996) a classificação por tipo é realizada segundo as normas estabelecidas pela Tabela Oficial Brasileira de Classificação (tabela 3.8) e pela Tabela de Equivalências de Defeitos (tabela 3.9).

Tabela 3.8-Classificação Oficial Brasileira

Defeitos	Tipos		Pontos	Defeitos	Tipos		Pontos
4	2		+ 100	46	5		- 50
4	2	- 5	+ 95	49	5	- 5	- 55
5	2	- 10	+ 90	53	5	- 10	- 60
6	2	- 15	+ 85	57	5	- 15	- 65
7	2	- 20	+ 80	61	5	- 20	- 70
8	2	- 25	+ 75	64	5	- 25	- 75
9	2	- 30	+ 70	68	5	- 30	- 80
10	2	- 35	+ 65	71	5	- 35	- 85
11	2	- 40	+ 60	75	5	- 40	- 90
11	2	- 45	+ 55	79	5	- 45	- 95
12	3		+ 50	86	6		- 100
13	3	- 5	+ 45	93	6	- 5	- 105
15	3	- 10	+ 40	100	6	- 10	- 110
17	3	- 15	+ 35	108	6	- 15	- 115
18	3	- 20	+ 30	115	6	- 20	- 120
19	3	- 25	+ 25	123	6	- 25	- 125
20	3	- 30	+ 20	130	6	- 30	- 130
22	3	- 35	+ 15	138	6	- 35	- 135
23	3	- 40	+ 10	145	6	- 40	- 140
25	3	- 45	+ 5	153	6	- 45	- 145
26	4		base	160	7		- 150
28	4	- 5	- 5	180	7	- 5	- 155
30	4	- 10	- 10	200	7	- 10	- 160
32	4	- 15	- 15	220	7	- 15	- 165
34	4	- 20	- 20	240	7	- 20	- 170
36	4	- 25	- 25	260	7	- 25	- 175
38	4	- 30	- 30	280	7	- 30	- 180
40	4	- 35	- 35	300	7	- 35	- 185
44	4	- 40	- 40	320	7	- 40	- 190
44	4	- 45	- 45	340	7	- 45	- 195
				360	8		- 200

Fonte: IBC-Gerca

Tabela 3.9- Equivalência de grãos imperfeitos.

Defeitos	Valor
1 grão preto	1
1 pedra, pau ou torrão grande	5
1 pedra, pau ou torrão regular	2
1 pedra, pau ou torrão pequeno	1
1 coco	1
1 casca grande	1
2 ardidos	1
2 marinheiros	1
2-3 cascas pequenas	1
2-5 brocados	1
3 conchas	1
5 verdes	1
5 quebrados	1
5 chochos ou mal granados	1

Fonte: IBC-Gerca

3.14.1. Classificação pela qualidade

Teoricamente, a classificação por qualidade considera os parâmetros: café (pela espécie ou variedade); fava (pelo formato dos grãos); peneira (pelas dimensões dos crivos das peneiras que retêm os grãos); aspecto (pela uniformidade, no conjunto tamanho, cor e seca); preparo (pela condução em terreiro ou despulpado); seca (pela uniformidade e consistência); cor (pela tonalidade), torração (pela contagem de grãos que não torraram e homogeneidade) e bebida (pela acidez e gostos estranhos).

Na prática, conhecidas a espécie, a procedência e o preparo, são realizadas as classificações por peneiras e pela bebida.

A classificação pela peneira leva em conta a forma dos grãos, denominados de chatos e mocas, sendo as favas classificadas pelo tamanho, de acordo com as dimensões dos crivos (redondos para os chatos e alongados para os mocas) que as retenham, sendo as peneiras designadas por números, os quais divididos por 64, fornecem a indicação dos tamanhos dos furos, expressos em frações de polegadas.

3.14.1.1. Classificação pela bebida

Segundo Teixeira (1972) apud ABRAHÃO et al. (1976), a qualidade da bebida do café vem sendo determinada no Brasil, através da prova de xícara, desde o início do século, sendo o método, contudo, oficializado somente em 1917 pela Bolsa Oficial de Café e Mercadorias de Santos.

SÃO PAULO (1998) informa que a qualidade e preço do café dependem principalmente do tipo e da qualidade da bebida.

A classificação pela bebida é definida por BÁRTHOLO & GUIMARÃES (1997), segundo o gosto ou cheiro que o café apresenta na prova de xícara e feita de acordo com o gosto detectado por classificadores treinados, segundo CARVALHO (1997).

JORGE & GARRUTTI (1964) afirmaram ser o elemento humano o melhor instrumento, até então, para a apreciação do aroma e do sabor, através dos órgãos básicos dos sentidos.

CARNEIRO FILHO (1996) estudou o panorama da questão da qualidade do café, citando como fator preponderante a qualidade da bebida, e concluiu que o mercado é e será determinado pelo consumidor, o que exigirá mudanças em toda cadeia produtiva do café, visando sempre à melhoria e o aperfeiçoamento nos processos que envolvem a obtenção de bebidas finas.

Segundo MATIELLO (1991), é um processo que exige muito conhecimento, muita prática e paladar apurado, a fim de se distinguir suas variações. TEIXEIRA et al. (1984), estudando características de cafés colhidos verde e maduro, citam como inconvenientes do café colhido ainda verde, o aspecto, torração, tipo e a qualidade da bebida, além de menor peso e tamanho dos grãos.

Os padrões sensoriais de bebida obtidos pela prova de xícara, seguem uma escala decrescente, de caráter subjetivo, como pode ser observado na tabela 3.10, seguindo parecer de dois pesquisadores

Tabela 3.10- Descrições de padrões de bebidas através da prova de xícara.

Padrão	Matiello	Carvalho
Estritamente Mole	Padrão mole mais acentuado	Bebida de sabor muito suave e adocicado.
Mole	Agradável, brando e doce	Bebida suave e adocicada.
Apenas Mole	Bebida levemente suave, sem adstringências ou asperezas.	Bebida suave, com leve adstringência.
Dura	Acre, adstringente e áspero, sem paladares estranhos	Bebida adstringente e áspera.
Riada	Leve sabor típico de iodofórmio.	Leve sabor de iodofórmio ou ácido fênico.
Rio	Cheiro e gosto acentuados de iodofórmio.	Forte e desagradável, lembrando iodofórmio ou ácido fênico.
Rio Zona	Características mais acentuadas que o padrão de bebida rio.	Sabor e odor intoleráveis ao paladar e ao olfato.

Fonte: MATIELLO (1991) e CARVALHO (1997).

Analisando a qualidade do café originado de diferentes estádios de maturação, PIMENTA (1995) concluiu que a análise de bebida através da prova de xícara não

detectou diferença entre os estádios de maturação, classificando-os como “bebida dura”, caracterizando a grande subjetividade e tendências a bebida dura destas classificações.

Ao testar produtos para evitar fermentações indesejáveis em frutos de café e aumentar a porcentagem de grãos cereja, CORTEZ (1995) obteve uma melhora significativa nas características sensoriais do café, principalmente em relação à bebida, acidez, aroma, aspecto, conceito geral e adequação para expresso.

Relacionando a classificação do café pela bebida à composição físico-química, química e microflora do grão beneficiado, CARVALHO et al. (1989) concluíram que cafés classificados como de bebida mole e dura apresentaram índices muito baixos de infecção dos fungos *Aspergillus ochraceus*, *Fusarium roseum* e *Aspergillus flavus*, embora, tenham apresentado maiores infecções do gênero *Cladosporium*.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento da fase experimental deste projeto foi realizado no galpão de secagem do Sítio Terra Verde (figura 4.1), de propriedade de Manoel Carlos Gonçalves Jr., situado na Rodovia, SP 342, Km 204, município de Espírito Santo do Pinhal, SP, e no Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química, Solos e Tecnologia do Curso de Engenharia Agrônômica do CREUPI (Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal), durante os meses de maio e junho de 1999.

As avaliações qualitativas foram realizadas na Sala de Classificação de Café, montada na Sociedade Recreativa e Esportiva Pinhalense, durante a realização do 2º Concurso de Qualidade de Café de Espírito Santo do Pinhal e Região.

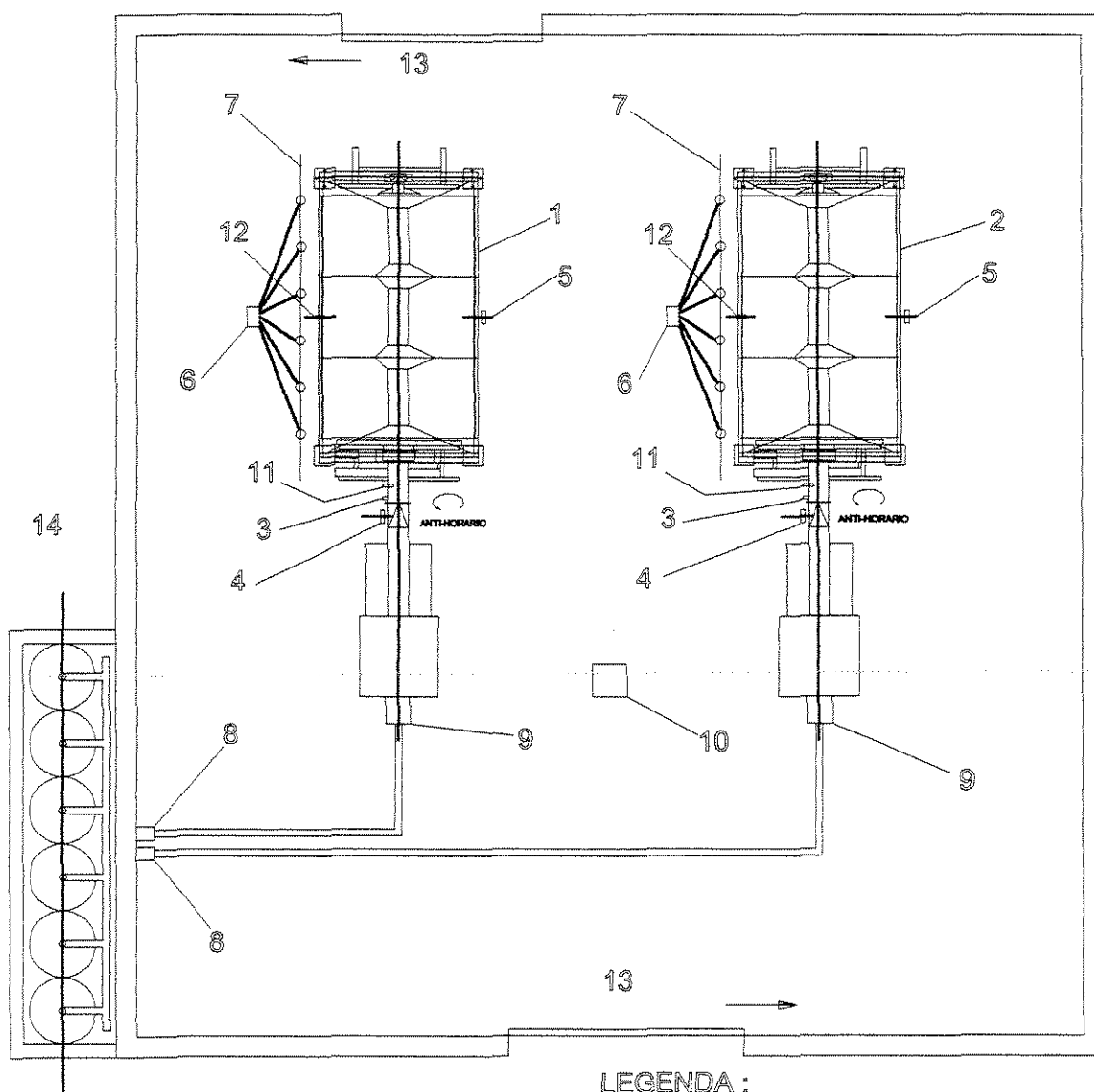


FIGURA 4.1-INSTALAÇÕES E PONTOS DE
COLETA DE DADOS

LEGENDA :

- 1-SECADOR N 1º
- 2-SECADOR N 2º
- 3-TERMOSTATO
- 4-TERMOMETRO BULBO SECO (T C AR DE SECAGEM)
- 5-TERMOMETRO BULBO SECO (T C MASSA DE CAFE)
- 6-REGISTRADOR DE TEMPERATURA (AR DE SAIDA)
- 7-SUPORE E POSIÇÃO DOS TERMOPARES
- 8-ROTAMETRO E MANOMETRO (~VAZÃO E PRESSÃO DO GLP)
- 9-QUEIMADOR
- 10-TERMOHIGROGRAFO
- 11-ORIFÍCIO P/ PITOT (PRESSAO DE VELOCIDADE DO AR)
- 12-ORIFÍCIO (AMOSTRAGEM DE GRÃOS)
- 13-PORTAS
- 14-BOTIJÕES

4.1. Matéria-prima

Foram utilizados 90.000 litros de grãos de café arábica (*Coffea arabica* L.) do cultivar Mundo Novo IAC 388-17, da safra 1999/2000, em pergaminho e desmucilados, colhidos no Sítio Terra Verde, provenientes da lavoura de 70.000 covas de 2 plantas com idade entre 8 e 12 anos, plantadas em espaçamento de 3,8 x 2,0 metros.

4.2. Colheita

A colheita foi realizada através do sistema de derriça no pano, com utilização de folhas de plástico trançado tipo “ráfia”, com 4,0 x 3,0 metros, colocadas sob as plantas, e a retirada dos frutos foi feita manualmente, a partir da constatação de existência inferior a 5% de grãos verdes (figura 4.2).

Após colhidos, os frutos foram abanados em peneira manual, para a retirada parcial das folhas e gravetos existentes.

Em seguida, os grãos foram acondicionados em sacos de plástico trançado tipo “ráfia”, com capacidade para 60 litros cada, fechados e, no mesmo dia, encaminhados para a lavagem.



Figura 4.2- Derriça manual de café sobre panos.

4.3. Lavagem

O café foi lavado em um lavador e separador marca Pinhalense, modelo LSC 10P, com capacidade de lavagem de 10.000 L/h, impulsionado por 2 motores de 0,5 HP, com alimentação por uma bica de jogo que retirou as folhas e gravetos remanescentes, (figura 4.3), passando por uma calha para retirada de eventuais pedras, e lançado ao tanque de lavagem com 2.500 litros de água que, por diferença de densidade, fez a separação dos grãos em bóias (passas, bóias e coquinhos) e cerejas (cerejas, verdolengos e verdes). Os grãos menos densos foram destinados ao terreiro e os mais densos, ao descascador de cerejas.

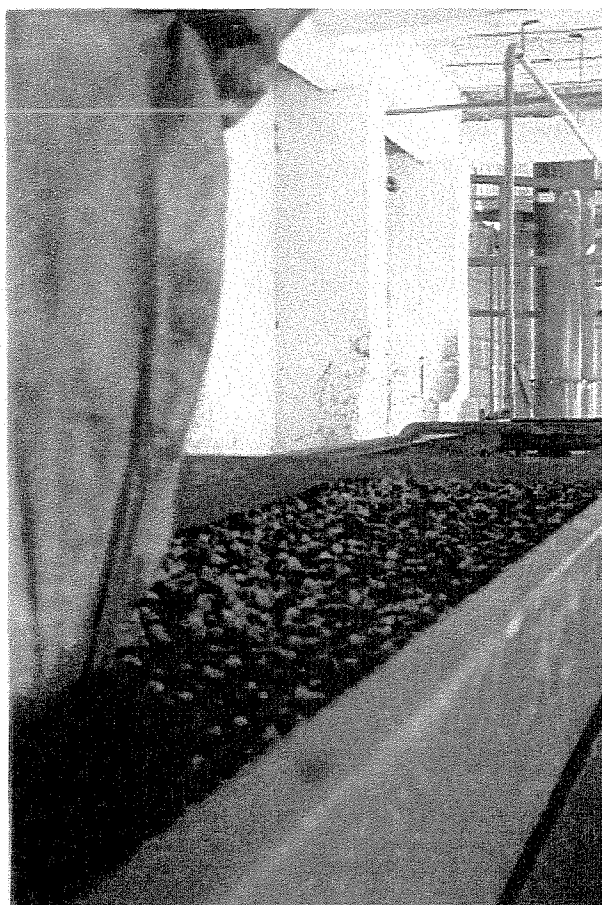


Figura 4.3- Bica de jogo acoplada ao lavador.

4.4. Despolpamento - Desmucilagem

Os grãos mais densos foram despolpados em um descascador - desmucilador de cerejas da marca Pinhalense, modelo ECO-02 (Figura 4.4), que fez a separação dos grãos verdes por diferença de pressão, retirando a casca e parte da polpa dos cerejas, separando-as e repassando os cerejas não despolpados, produzindo café em pergaminho com pouca mucilagem. Os grãos verdes foram enviados ao terreiro.

Os grãos em pergaminho foram desmucilados, e a mucilagem ainda existente foi removida por fricção entre os grãos, em fluxo ascendente, com injeção de água para lubrificação e lavagem da mucilagem, que saiu pela base da máquina. O café em pergaminho sem mucilagem saiu pela parte superior da máquina. (figura 4.5).

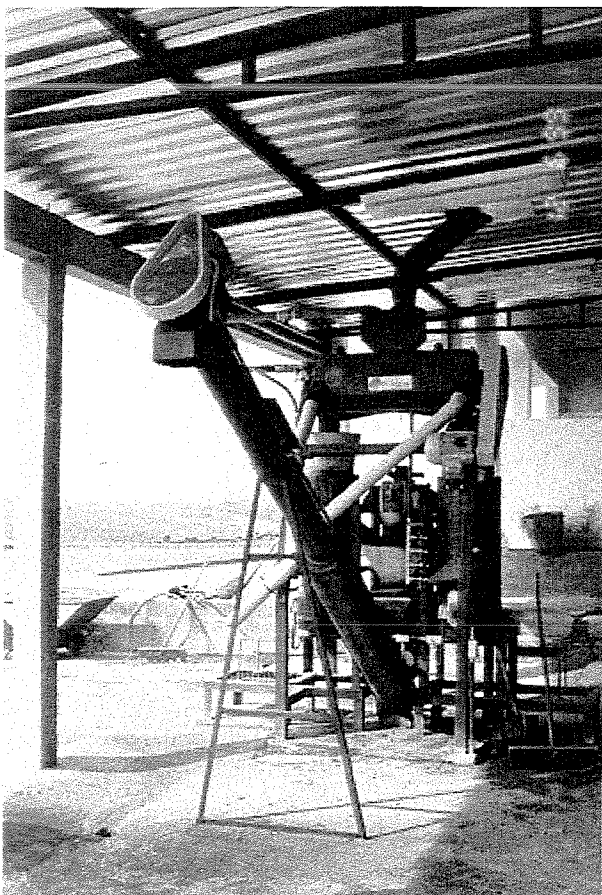


Figura 4.4 - Descascador - desmucilador Pinhalense modelo ECO-02.

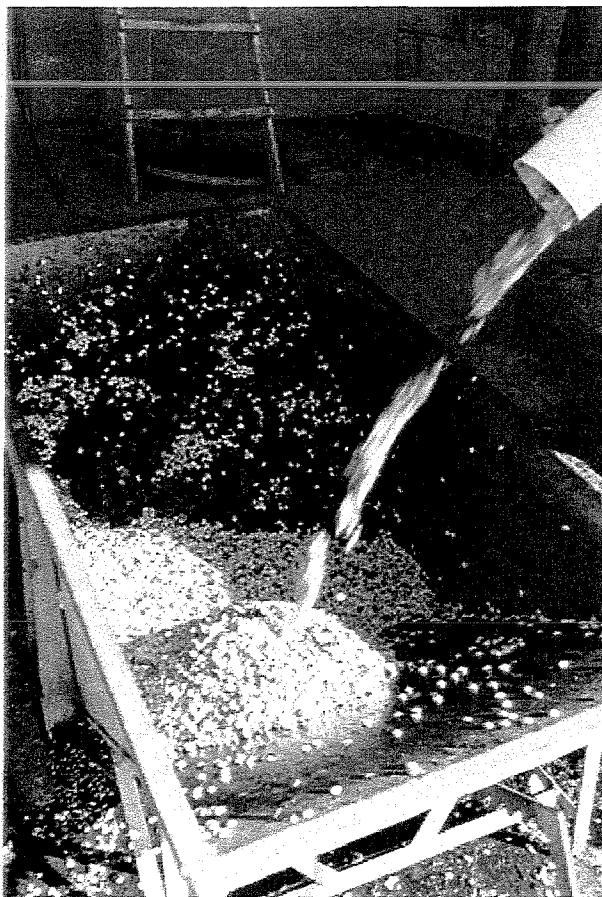


Figura 4.5 - Saída dos grãos descascados do desmucilador para envio ao terreiro

4.5. Pré-secagem

A pré-secagem constou da esparramação do café cereja descascado e desmucilado em terreiro revestido de concreto com 1% de declividade, em camada de aproximadamente três centímetros, sendo revolvido a cada 30 minutos, entre 15:00 e 17:00h, com a utilização de rodos de madeira dentados (figura 4.6), permanecendo apenas para drenagem da água utilizada nos processos de lavagem, despulpamento e desmucilagem, sendo recolhido aos secadores, na manhã seguinte.

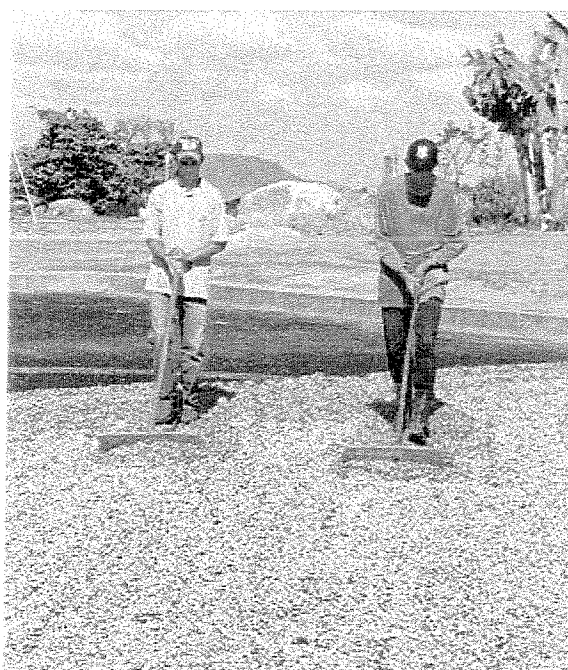


Figura 4.6- Revolvimento do café com rodos dentados.

O recolhimento foi feito com a utilização de carrinhos transportadores apropriados para terreiros de café, marca Pinhalense, modelo Carter (figura 4.7), com capacidade para 250 litros. A carga individual de cada secador, 7.500 litros, foi obtida pelo despejo de 30 carrinhos em moega e lançados ao interior do secador por meio de elevador de canecas metálicas, mantendo-se um vão livre de aproximadamente 20 cm no interior do cilindro de secagem, para facilitar a movimentação dos grãos, conforme recomendação do fabricante.



Figura 4.7- Transporte de café em carrinho.

4.6. Secagem mecânica

A secagem mecânica, fase do processamento onde foram coletados os dados experimentais, foi realizada em dois secadores rotativos horizontais marca Pinhalense, modelo SRE-075 (figura 4.8) com rotação do cilindro a 2,5 RPM, utilizando ventiladores centrífugos modelo VC-045 com diâmetro total de 45,0 cm, dos quais 22,5 cm vazados a partir do eixo, para a entrada do ar e 24 pás radiais de secção trapezoidal de 73,5 cm² de superfície. O ar de secagem foi aquecido através da utilização de gás liquefeito de petróleo (GLP) da marca Ultragaz, e de queimadores de gás da marca Ecoflam, modelo BLU-170 P (Figura 4.9).

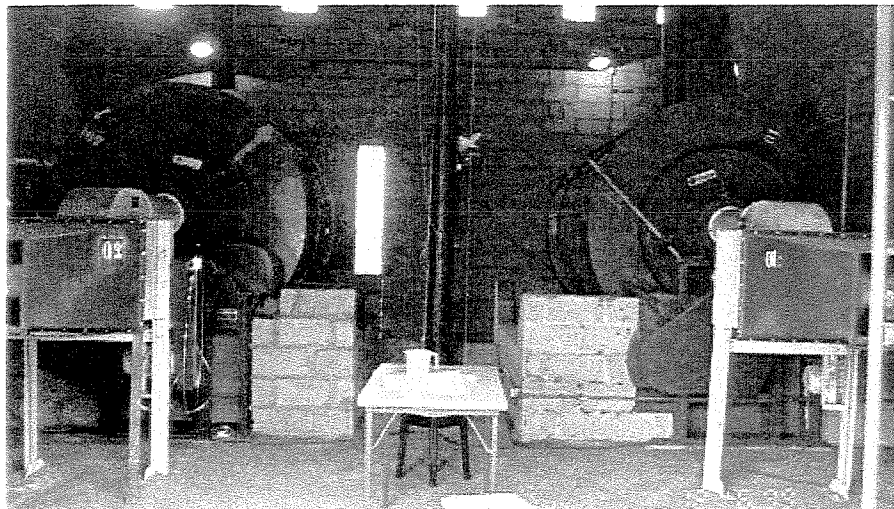


Figura 4.8- Instalação para secagem e disposição dos secadores.

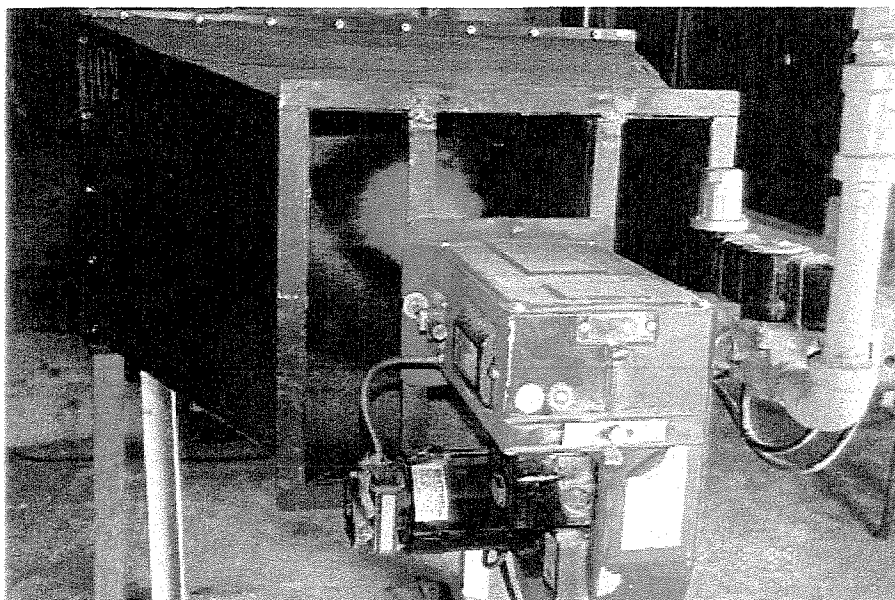


Figura 4.9- Queimador Ecoflam BLU 170 P em operação.

As secagens foram concomitantes, tendo o primeiro secador operado, segundo as especificações do fabricante, com fluxo de ar médio de $85 \text{ m}^3.\text{min}^{-1}$, gerado a partir da ação de uma polia de 12,0 cm de diâmetro, fixada ao eixo do motor do ventilador, de 3,0 hp, testando-se 3 temperaturas médias de secagem na massa de café, respectivamente 47,8; 51,1 e 54,5°C.

O segundo secador realizou a secagem com fluxo de ar médio de $105 \text{ m}^3.\text{min}^{-1}$, gerado a partir da substituição da polia original por outra, com 14,5 cm de diâmetro, fixada ao eixo do motor do ventilador, de 5,0 hp, testando-se as temperaturas de secagem na massa de 40,5; 43,4 e 43,0°C, respectivamente, sendo mantidas as demais condições, em relação ao primeiro.

4.6.1. Temperaturas

A temperatura do ar ambiente foi registrada durante todo o período de secagem e os dados das temperaturas do ar de secagem, da massa de grãos de café, do ar de saída do secador e das amostras de café foram registrados no início, em intervalos de 30 minutos

e ao final das secagens.

4.6.1.1. Ar ambiente

A temperatura do ar ambiente foi registrada através de um termohigrógrafo marca CMR do Brasil, mod. NG 5538, com precisão de $\pm 1^\circ\text{C}$, posicionado entre os dois secadores, à altura da sucção de ar dos ventiladores (figura 4.10).

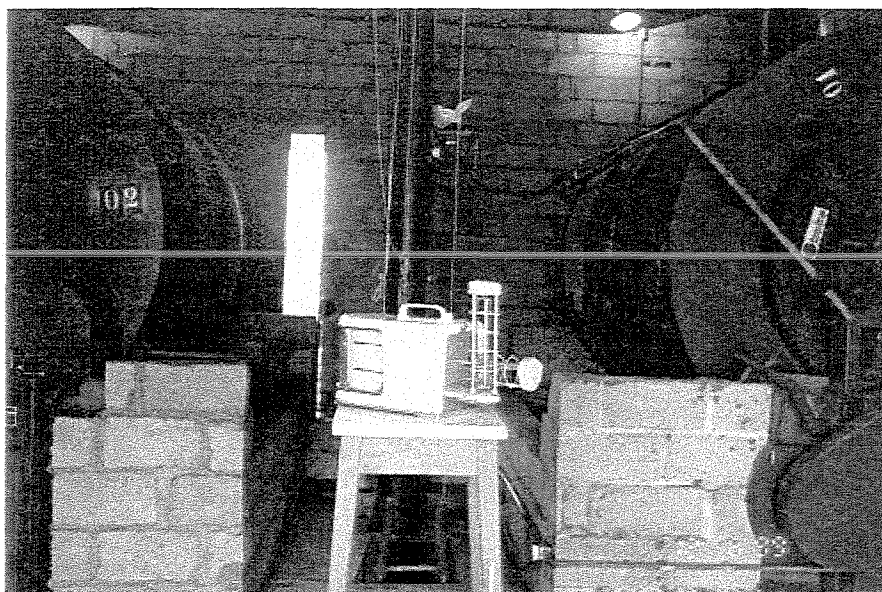


Figura 4.10- Posição do termohigrógrafo para o registro das condições ambientais.

4.6.1.2. Ar de secagem

As temperaturas do ar de secagem foram registradas através de dois termômetros de bulbo seco marca Agatec modelo $0-150 \pm 0,5^\circ\text{C}$, posicionados nos dutos de ventilação, a 10 cm da saída do ventilador (figura 4.11).

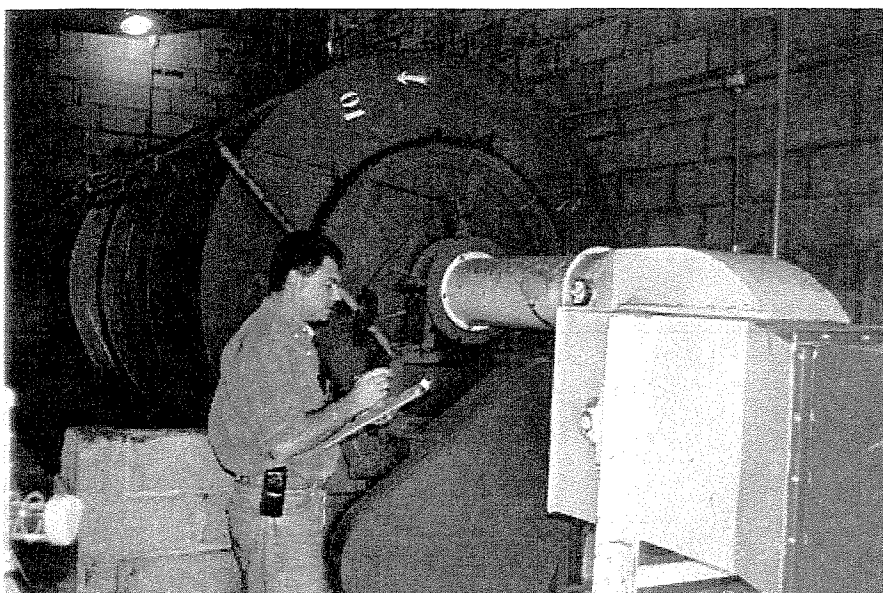


Figura 4.11- Registro de temperatura do ar de secagem.

4.6.1.3. Massa de grãos

O registro das temperaturas das massas de grãos de café foi realizado com a utilização de dois termômetros de bulbo seco marca Agatec, mod. $0-120 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, existente na secção central dos cilindros de secagem (figura 4.12).

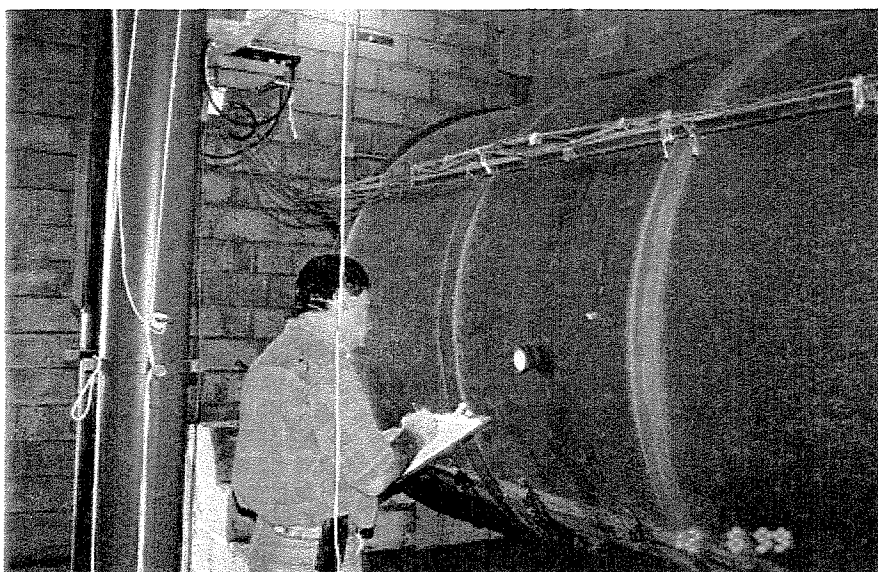


Figura 4.12- Registro de temperatura da massa de café.

4.6.1.4. Saída do secador

As temperaturas do ar à saída do secador foram registradas em 06 pontos ao longo do comprimento total do cilindro de secagem (0,25; 0,75; 1,25; 1,75; 2,25 e 2,75 cm) a partir da extremidade próxima ao duto de ventilação, através de registrador digital de temperatura de 12 canais marca Coleparmer, com precisão de 0,1°C, utilizando fios termopares de Cobre-Constantan, instalados em uma base externa paralela ao cilindro, com os sensores posicionados a 2 cm da chapa perfurada do cilindro de secagem, por ser a menor distância operacional, sem ocorrência de contato com as superfícies metálicas das janelas de carga e respectivas travas de fechamento. (figura 4.13).

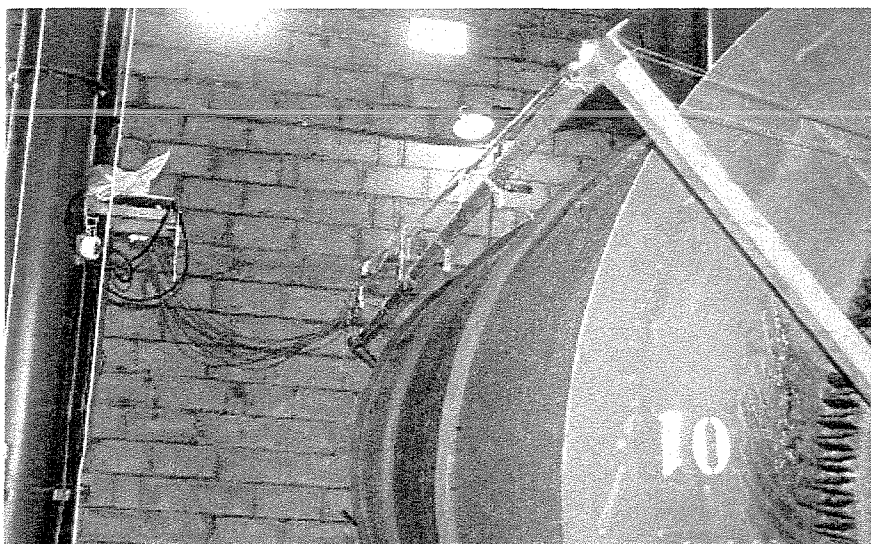


Figura 4.13- Posição dos termopares e registrador de temperatura.

4.6.1.5. Amostras

As temperaturas das amostras coletadas foram obtidas através de um termômetro digital existente no determinador de umidade marca Gehaka modelo G 600, operando na escala universal (figura 4.14).



Figura 4.14- Operação do determinador Gehaka G-600.

4.6.2. Fluxos

Os registros dos dados de pressão de velocidade do ar de secagem e da vazão e pressão do GLP foram feitos no início, em intervalos de 30 minutos e no final das secagens.

4.6.2.1. Fluxo de ar

A velocidade do ar de secagem foi registrada em 5 pontos (0,0; 62,5; 125,0; 187,5 e 250,0 mm) de uma secção do duto de ventilação de 250 mm de diâmetro, a 40,0 cm do início do cilindro e a 96,0 cm da saída da caixa do ventilador, através de um manômetro dotado de tubo pitot marca Dwyer mod. 1211-36, com deslocamento de água em coluna em “U” graduada, com precisão de $\pm 0,2$ cm (figura 4.15), e a vazão do ar de secagem, obtida pelas equações (3.1, 3.2 e 3.3)

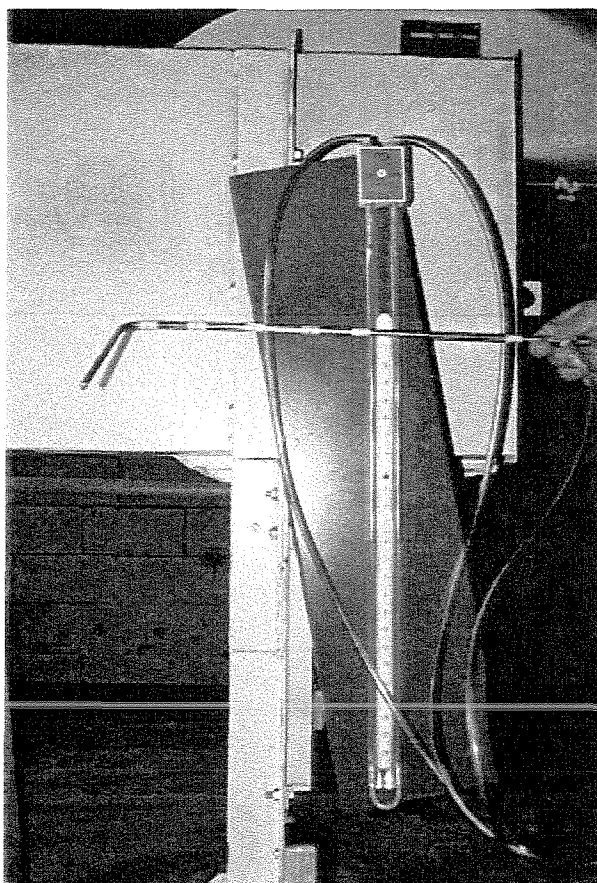


Figura 4.15- Tubo pitot e coluna em "U"
Dwyer 1211-36.

4.6.2.2. Fluxo de GLP

O registro dos dados de vazão de GLP foi feito com a utilização de rotâmetros de leitura direta da marca Digiflow, com precisão de $\pm 0,1\text{Kg}$ e as respectivas pressões, através de manômetros instalados na tubulação de abastecimento de gás, junto aos rotâmetros, para cada secador (figura 4.16), e as correções de vazão, obtidas pela equação 3.4.

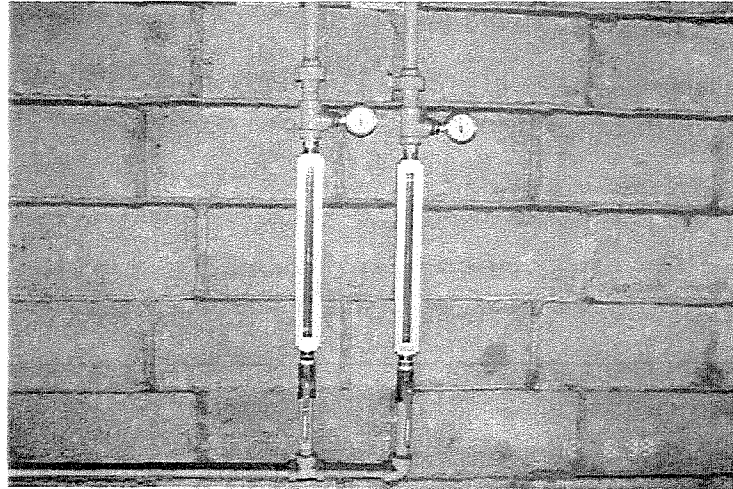


Figura 4.16- Rotâmetros Digiflow e manômetros para leituras individuais.

4.6.3. Umidade

Os registros da umidade relativa do ar foram coletados durante todo o período de secagem e a umidade dos grãos de café, no início, em intervalos de 30 minutos e no final de cada secagem.

4.6.3.1. Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar ambiente foi registrada através de um termohigrógrafo marca CMR do Brasil, mod. NG 5538, com precisão de $\pm 1\%$, posicionado entre os dois secadores, à altura da sucção de ar dos ventiladores.

4.6.3.2. Umidade dos grãos

As amostras dos grãos de café em pergaminho foram retiradas dos secadores através de um orifício com 5 cm de diâmetro, dotado de registro, existente na secção

central do cilindro, sem a necessidade de interrupção da rotação dos secadores e do fornecimento de ar aquecido para a secagem (figura 4.17).



Figura 4.17- Retirada de amostra do secador

As amostras parciais, em três repetições, foram acondicionadas em saquinhos de polietileno virgem incolor 20 x 30cm e seladas após o esfriamento dos grãos, à temperatura ambiente no interior do laboratório, sendo submetidas à determinação da umidade, através do método da estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 1992), com utilização de $2 \pm 10^{-4}\text{g}$ de café em pergaminho em uma estufa com circulação forçada de ar Fanem modelo 320-SE (figura 4.18) e uma balança analítica Marca AND modelo HR 200, e as umidades obtidas pela equação 3.5.

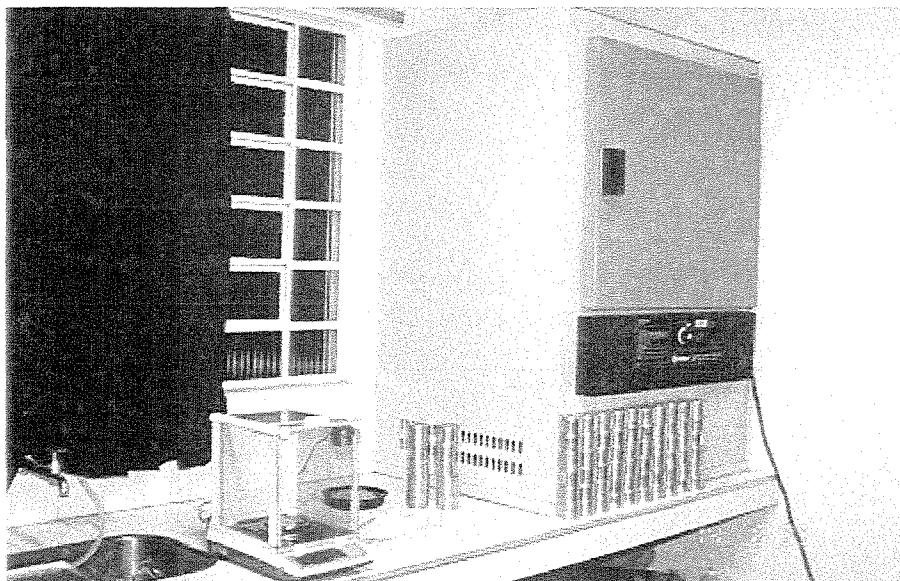


Figura 4.18- Estufa com circulação forçada de ar e balança analítica.

4.7. Amostragem e armazenagem

Ao final de cada processo de secagem, foi retirada uma amostra de 10 Kg de café em pergaminho, através do mesmo orifício, destinada à classificação sensorial.

As amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno virgem incolor 50 x 35cm, seladas e agrupadas no interior de sacas de rafia plástica opaca de alta densidade, 80 x 65 x 0,05cm, onde permaneceram no interior do Laboratório de Análise Foliar do CREUPI, à temperatura ambiente média de 23°C por aproximadamente 90 dias, até a data da análise sensorial.

4.8. Benefício

O processo de benefício do café em pergaminho foi realizado na manhã do dia 15/09/1999, na Sala de Classificação da Cooperativa dos Cafeicultores da Região de Pinhal, através da retirada de uma sub-amostra de 2,0 Kg de café em pergaminho, com

utilização de uma balança pendular marca Filizola e de um descascador de café marca Pinhalense modelo DRC 2, com vazadeiras metálicas operando a 1700 RPM, obtendo-se o café beneficiado destinado à análise sensorial (Figura 4.19).

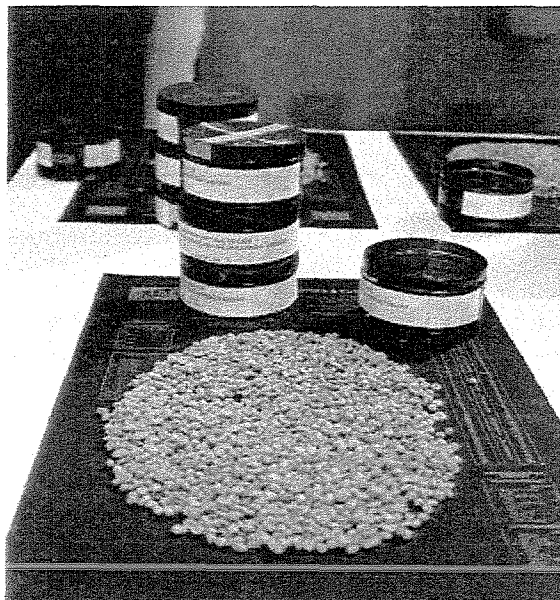


Figura 4.19- Café beneficiado pronto para as análises.

4.9. Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada a partir das 17:00h do dia 15/09/1999, na sala da Classificação de Café montada no salão da Sociedade Recreativa e Esportiva Pinhalense, pelos profissionais: Francisco Carlos Godoy Bueno, classificador-provador de Irmãos Ribeiro Exportação e Importação Ltda.; Antonio Carlos Pereira, classificador-degustador de café da Cia. União dos Refinadores de Açúcar e Café; Aloísio Aparecido Lusvaldi Barca, classificador-degustador de café da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) e Jayme da Silveira Leme Neto, classificador-degustador de café da Taloca Café Ltda.

Tendo como referência as amostras de 2,0 Kg de café beneficiado de cada parcela, foram avaliados os seguintes parâmetros: seca, aspecto e cor, segundo os sentidos de

visão e olfato de cada classificador. (figura 4.20).



Figura 4.20- Análise sensorial para seca, cor e aspecto do café.

A análise da bebida foi realizada através da retirada de uma sub-amostra de 300 gramas de café beneficiado submetida a um processo de meia torra, em torrador rotativo a gás dotado de moinho, específico para classificação, marca Pinhalense mod. TMC-03.

Após a torra, o café foi resfriado com aeração forçada, gerada pelo próprio torrador e moído em granulometria grossa.

A seguir, cada amostra foi subdividida em 05 porções, em xícaras de prova (figura 4.21), e receberam água mineral em ponto de ebulição, promovendo-se seu revolvimento para homogeneização da infusão, seguindo-se a retirada de toda espuma sobrenadante.



Figura 4.21- Preparo das amostras para análise da bebida.

Após se aguardar o resfriamento das infusões até aproximadamente 40°C, deu-se início à prova das xícaras, tendo os classificadores emitido suas avaliações sensoriais finais (figura 4.22).

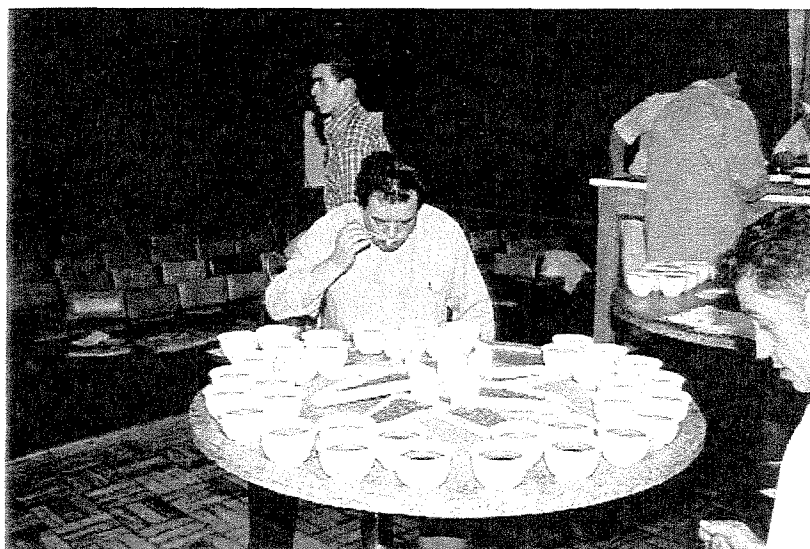


Figura 4.22- Análise da bebida pela prova de xícara.

4.10. Análise estatística

O delineamento experimental de campo foi inteiramente casualizado com 2 testes para cada condição. Fator A = 3 temperaturas e Fator B = 2 fluxos de ar.

A análise sensorial foi realizada em delineamento inteiramente casualizado, sendo os resultados submetidos a análises de variâncias, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5%, pelo sistema de análise estatística ANOVA 1.0, em 4 repetições.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos permitem a análise das condições experimentais, curvas de secagem, dos efeitos da temperatura e do fluxo de ar sobre: tempo total de secagem, quantidade de GLP utilizado, custo energético do sistema e qualidade sensorial do café.

5.1. Condições experimentais

As secagens receberam denominações de 1 a 12, segundo as condições propostas na tabela 5.1, totalizando 6 baterias de 2 secagens concomitantes, com variação na temperatura e no fluxo do ar de secagem, sendo que o industrial foi da ordem de $85 \text{ m}^3.\text{min}^{-1}$, e o modificado, de $103 \text{ m}^3.\text{min}^{-1}$.

Na realização de pré-testes com a aplicação de fluxo de ar industrial, o queimador Ecoflam modelo BLU-120 não apresentou capacidade em elevar a temperatura da massa

de café aos níveis desejados, tendo sido substituído pelo modelo BLU-170P, para a realização dos testes.

Devido às características do termômetro industrial de bulbo seco acoplado ao cilindro do secador, o registro específico das temperaturas da massa de café, a partir da redução do volume da massa de grãos ao longo da secagem, foi composto pelas temperaturas da massa de grãos e do ar no interior do cilindro de secagem.

Tabela 5.1- Condições propostas para secagens de café.

Secagem	Data	Fluxo de ar (m ³ .min ⁻¹)	Temperatura da massa* (°C)	Início (h)	Final (h)	Tempo (h)	Repouso (h)
1	27/28.05.99	industrial	50.0	10:00	16:00	30.0	2.0
2	27/28.05.99	modificado	50.0	10:00	05:00	19.0	2.0
3	29/30.05.99	industrial	50.0	10:00	17:00	31.0	2.0
4	29/30.05.99	modificado	50.0	10:00	08:30	22.5	2.0
5	02/04.06.99	industrial	40.0	10:00	02:00	40.0	2.0
6	02/03.06.99	modificado	40.0	10:00	14:00	28.0	2.0
7	05/06.06.99	industrial	40.0	10:00	08:00	22.0	2.0
8	05/06.06.99	modificado	40.0	10:00	13:30	27.5	2.0
9	09/10.06.99	industrial	60.0	10:00	08:00	22.0	2.0
10	09/10.06.99	modificado	60.0	10:00	04:30	18.5	2.0
11	12/13.06.99	industrial	60.0	10:00	07:00	21.0	2.0
12	12/13.06.99	modificado	60.0	10:00	05:00	19.0	2.0

* Procurou-se, a partir do controle do fluxo de gás e da temperatura do ar de secagem, atingir as condições de temperatura da massa propostas.

O esquema de secagem indicado na tabela 5.1 permitiu a obtenção das condições médias de temperatura da massa de café e do fluxo do ar de secagem, pareando as secagens 1 e 3, 2 e 4, 5 e 7, 6 e 8, 9 e 11, 10 e 12.

As secagens com os fluxos de ar modificados obtiveram médias de temperaturas na massa de café inferiores aos 50 e 60°C propostos, provavelmente devido à eficiência do modelo de queimador utilizado e de sua montagem com relação ao ventilador e/ou secador para elevar a temperatura do ar e promover as respectivas temperaturas na massa de café. Os tempos de operação nas faixas de temperatura propostas $\pm 2^{\circ}\text{C}$, são observados na tabela 5.2.

Tabela 5.2- Porcentagem média dos tempos nas faixas de temperatura propostas na massa de café, durante as secagens.

Secagens	Temperatura média (°C)	Tempo de secagem (h)	Tempo na faixa proposta (h)	% do total
1 + 3	51,1	30,5	22,3	73,1
2 + 4	43,4	20,8	8,3	39,9
5 + 7	47,8	31,0	12,5	40,3
6 + 8	40,5	27,8	13,8	49,6
9 + 11	54,5	21,5	7,8	36,3
10 + 12	43,0	18,8	1,3*	6,9

*Tempo de secagem à temperatura máxima de 56°C na massa de grãos, ante os 60°C propostos.

A tabela 5.3 mostra as várias condições de temperatura, umidade e fluxo de ar obtidos a cada teste de secagem. Os valores diferenciados para temperatura ambiente e umidade relativa do ar, nas secagens concomitantes, se devem ao tempo diferenciado para complementação dos processos de secagem.

Tabela 5.3- Condições experimentais de secagens de café

Secagem	Média Fluxo de ar (m ³ .min ⁻¹)	Temperatura média ar de secagem (°C)	Temperatura média na massa (°C)	Umidade inicial (%bu)	Umidade final (%bu)	Temperat. Média ar ambiente (°C)	Umidade relativa média (%bu)
1	86.1	80.8	51.9	48.92	14.04	26.3	73.3
2	105.2	101.7	43.5	50.62	13.17	25.8	75.2
3	81.6	89.5	51.1	51.96	12.34	25.6	77.4
4	101.0	100.1	43.2	51.14	12.35	26.2	80.4
5	83.1	66.1	45.0	50.02	15.30	23.7	66.1
6	99.5	77.4	40.2	49.82	13.11	23.9	65.7
7	82.9	87.8	50.6	43.25	12.61	21.8	84.8
8	102.3	83.8	40.8	51.36	11.84	21.5	85.1
9	85.1	93.3	55.7	49.37	12.60	22.1	69.6
10	106.8	96.5	43.7	47.28	12.73	22.4	68.7
11	87.8	106.4	53.2	51.08	13.25	23.9	84.0
12	104.4	98.2	42.2	48.50	13.05	24.5	83.6

Os dados médios de 2 testes para cada condição de fluxo de ar e temperatura na massa, podem ser observados na tabela 5.4. As médias dos fluxos de ar do modelo industrial utilizados para secagem às três temperaturas na massa de grãos, não apresentaram diferença significativa, após a aplicação do teste de Tukey ao nível de 5%, o mesmo ocorrendo com as médias dos fluxos modificados. É notada uma relação diretamente proporcional da média do fluxo de ar com a temperatura da massa de grãos, tanto para os fluxos industriais, como para os fluxos modificados. As médias das

temperaturas da massa de café, quando analisadas dentro de um mesmo fluxo de ar, não tiveram diferença significativa ao nível de 5%, ao passo que, quando analisadas em função do fluxo, as temperaturas médias nas massas de grãos submetidas à secagem com os fluxos modificados foram significativamente inferiores às submetidas à secagem com os fluxos adotados pela indústria, com exceção das secagens n^{os} 5 e 7, que utilizaram temperaturas inferiores na massa, pela proposta inicial de secagem a 40°C, nos grãos de café, devido à condição de umidade inicial na secagem n^o 7 ter sido inferior às demais condições iniciais de umidade.

Tabela 5.4- Condições experimentais médias de 2 secagens

Médias das secagens	Média Fluxo de ar (m ³ .min ⁻¹)	Temperatura média ar de secagem (°C)	Temperatura média na massa (°C)	Umidade inicial (%bu)	Umidade final (%bu)	Temperat. Média ar ambiente (°C)	Umidade relativa média (%bu)
1+3	83.9	85.2 a	51.1 b	50.44 a	13.09 a	26.0 a	75.4 a
2+4	103.1	100.9 a	43.4 a	50.88 a	12.76 a	26.0 a	77.8 a
5+7	82.4	76.9 a	47.8 ab	46.64 a	13.95 a	22.8 a	75.5 a
6+8	100.9	80.6 a	40.5 a	50.59 a	12.48 a	22.7 a	75.4 a
9+11	86.5	99.9 a	54.5 b	50.23 a	12.93 a	23.0 a	76.8 a
10+12	105.6	97.4 a	43.0 a	47.89 a	12.89 a	23.5 a	76.2 a

Médias acompanhadas de letras iguais na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

As temperaturas médias do ar de secagem não apresentaram diferença significativa, nem em função do fluxo de ar, como também da temperatura da massa de grãos; porém, seu aumento em 23%, nas secagens n^{os} 5+7 e 9+11, proporcionou uma redução de 30,6% no tempo de secagem, inferior aos resultados obtidos por GUIDA (1994), que obteve mais do que o dobro do tempo de secagem com a redução de 25% na temperatura do ar de secagem de cafés despulpados, em secador de camada fixa.

As temperaturas médias do ar de secagem superiores a 90°C, indicadas por MENDES et al. (1995) para secadores rotativos, reduziu substancialmente o tempo de secagem.

As médias das umidades iniciais dos cafés cereja-descascados e desmucilados, não foram significativamente diferentes a cada carregamento. Duas médias ficaram abaixo e as demais acompanharam, nos limites inferiores, os teores de umidade entre 50

e 55%, citados por CHALFOUN & CARVALHO (1997), para cafés ao serem despulpados, possivelmente em virtude da perda de umidade obtida com o processo de desmucilagem.

A análise das médias das umidades ao final das secagens mostrou não haver diferença significativa.

A figura 5.1 mostra a variação da temperatura ambiente durante as secagens.

Sua análise de variâncias feita em função das 6 baterias de secagem com variações no fluxo de ar, apontou um coeficiente de variação de 1,31% e as médias, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, apresentaram diferenças significativas, como é mostrado na tabela 5.5, tendo sido, na bateria de secagens 5 e 6; 2,2°C superior em relação à das secagens 7 e 8 e, na bateria de secagens 11 e 12; 2,0°C superior à das secagens 9 e 10.

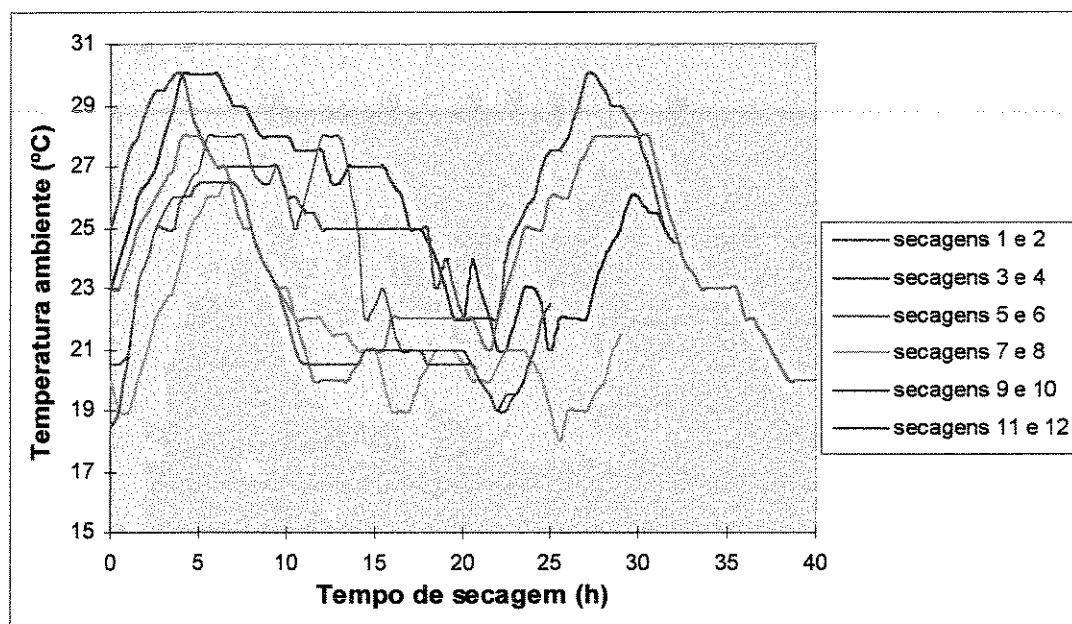


Figura 5.1- Temperatura ambiente em 12 secagens de café.

Apesar da diferença constatada no teste das médias, a figura 5.1 mostra as mesmas tendências nas curvas de temperaturas, ao longo das secagens, com acréscimos iniciais, e próximos das 24 horas de duração, uma vez que o início das secagens deu-se sempre às 10:00h.

Tabela 5.5- Temperatura ambiente em secagens de café.

Secagens	Médias (°C)
1 + 2	26,05 c
3 + 4	25,90 c
5 + 6	23,80 b
7 + 8	21,65 a
9 + 10	22,25 a
11 + 12	24,20 b

Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

O comportamento da umidade relativa do ar durante os processos de secagem, são observados na figura 5.2.

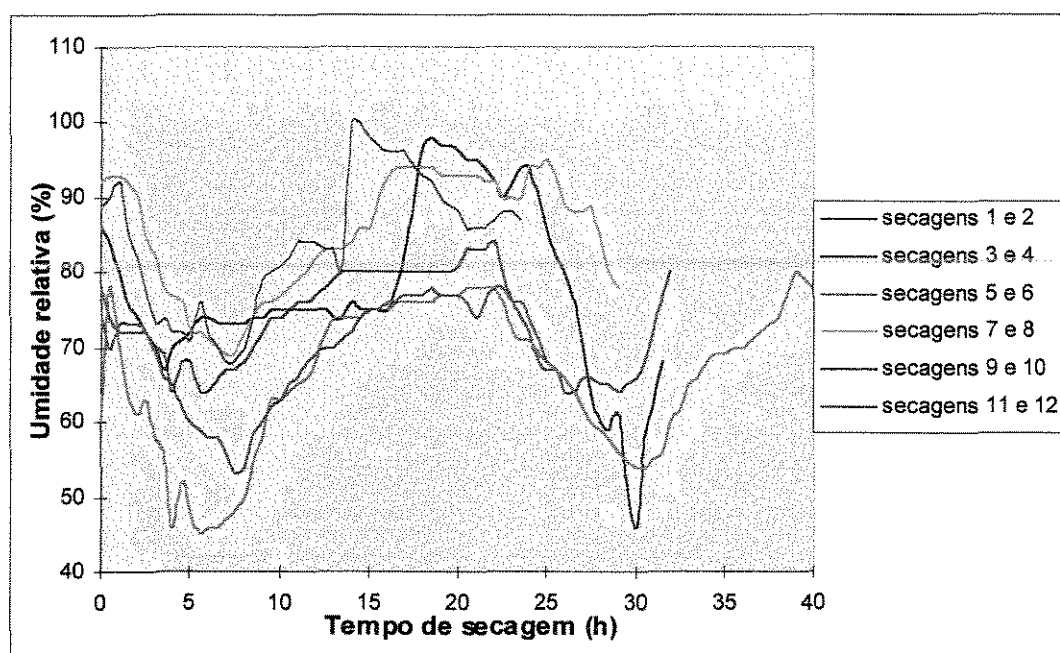


Figura 5.2- Umidade relativa do ar ambiente em 12 secagens de café.

A análise da umidade relativa feita em função das 6 baterias de secagem apontou, na análise de variâncias, um coeficiente de variação de 1,41% e as médias, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, apresentaram diferenças significativas, como é mostrado na tabela 5.6. As diferenças de 4,7% entre as baterias 1+2 e 3+4, de 19,1% entre as secagens 5+6 e 7+8 e de 14,7% entre 9+10 e 11+12 podem ter influenciado na duração das secagens que procuraram obter temperaturas de 40 e 50°C na massa de café, onde se notam relações diretas entre a umidade do ar e a

duração da secagem, fato que não se repetiu nas secagens em que se buscou a obtenção de 60°C na massa de café.

Tabela 5.6- Umidade relativa do ar em secagens de café.

Secagens	Médias (%bu)
1 + 2	74,25 b
3 + 4	78,90 c
5 + 6	65,90 a
7 + 8	84,95 d
9 + 10	69,15 a
11 + 12	83,80 d

Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

5.2. Secagem

5.2.1 Ajuste de curvas

Observa-se na tabela 5.7 que os dados de secagem obtidos são justificados pelo modelo de regressão linear, com coeficientes de determinação superiores a 97%, exceção à secagem n.º 5, com coeficiente pouco superior a 89%.

Tabela 5.7-Curvas de secagem ajustadas linearmente, em função de diferentes fluxos de ar e temperaturas na massa de grãos.

Secagem	Equação	R ²
1	$y = -1.1520x + 50.071$	0.9865
2	$y = -2.0877x + 54.544$	0.9714
3	$y = -1.4393x + 57.463$	0.9819
4	$y = -1.9079x + 56.318$	0.9745
5	$y = -0.7128x + 52.790$	0.8939
6	$y = -1.3729x + 50.710$	0.9938
7	$y = -1.4275x + 44.702$	0.9871
8	$y = -1.5105x + 55.349$	0.9827
9	$y = -1.5095x + 49.750$	0.9899
10	$y = -1.9410x + 51.709$	0.9706
11	$y = -1.8674x + 54.098$	0.9765
12	$y = -2.0494x + 52.545$	0.9795

y = umidade (% bu); x = tempo (h)

Os modelos lineares explicam as secagens realizadas, principalmente em virtude dos teores de umidade iniciais, próximos a 50%(bu), proporcionarem um gradiente

elevado de transferência de água, para serem atingidos os níveis de umidade próximos a 13%, quando ocorreu a interrupção de fornecimento de calor, o que não é observado em secagens com teores de umidade iniciais próximos aos 20%, em que, a transferência de água normalmente é justificada através de modelos quadráticos ou exponenciais.

5.2.2. Curvas de secagem

A figura 5.3 mostra o comportamento das secagens realizadas entre os dias 27 e 28/05/99. Esperando atingir 50°C na massa de café, foram registradas temperaturas de 51,9 e 43,5 °C, em função dos fluxos de ar ,de 86,1 e 105,2 m³.min⁻¹, respectivamente. O aumento de 18,2% no fluxo de ar proporcionou uma redução de 36,7% no tempo total de secagem.

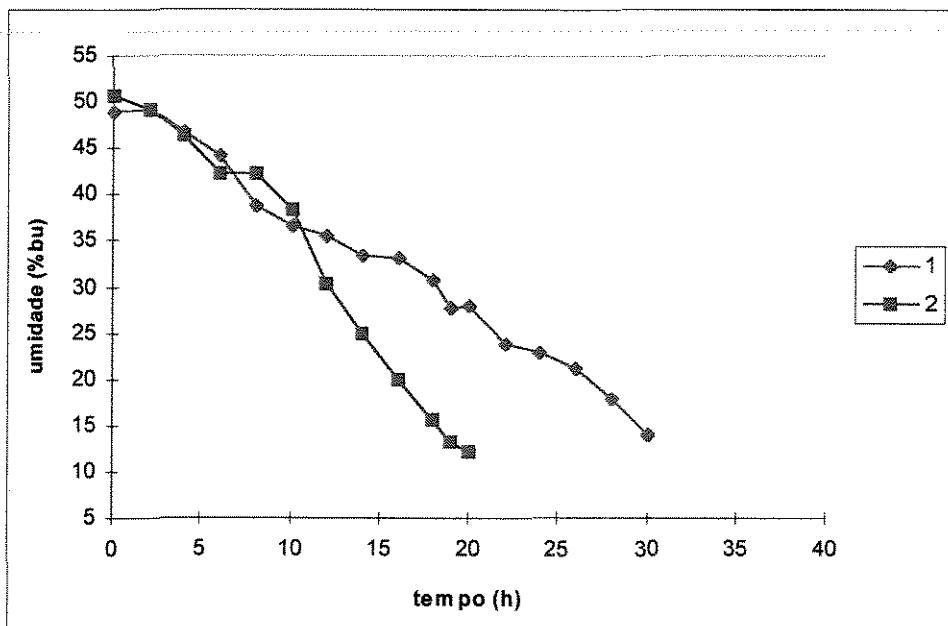


Figura 5.3-Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 86,1 e 105,2 m³. min⁻¹ e temperaturas de 51,9 e 43,5°C, na massa de grãos, respectivamente. (1º teste)

Como pode ser observado na figura 5.4, em uma segunda bateria de secagens com o objetivo de se atingir 50°C na massa de grãos, realizadas entre 29 e 30/05/99, o

aumento de 19,2% no fluxo de ar proporcionou uma redução de 27,4% no tempo total de secagem, confirmando a tendência das curvas de secagem, no primeiro teste.

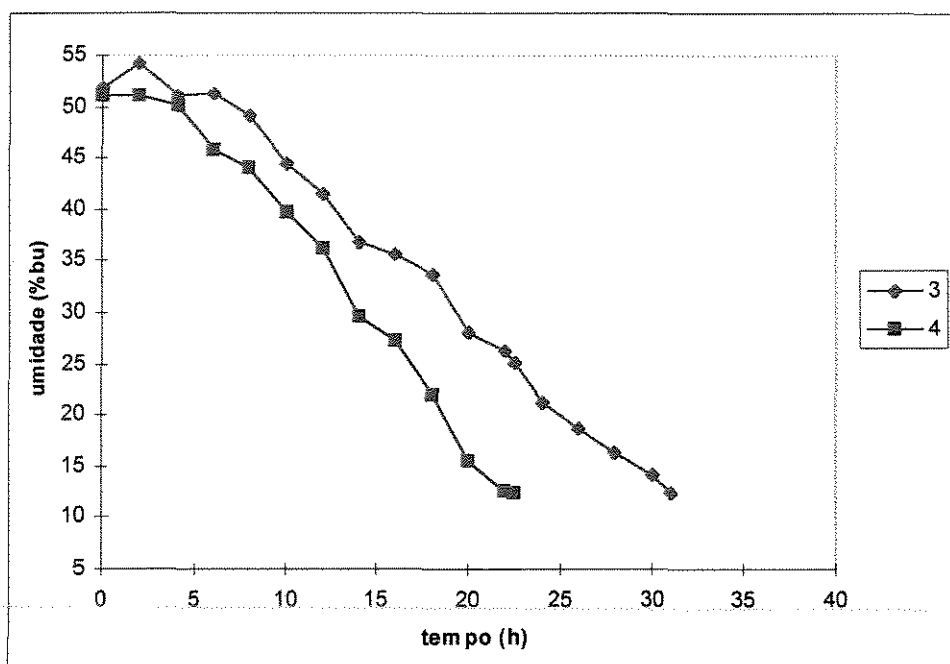


Figura 5.4- Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 81,6 e 101,0 m³.min⁻¹ e temperaturas de 51,1 e 43,2°C, na massa

A observação de pontos ocasionais de aumento do teor de umidade, nas fases das secagens em que os grãos apresentaram teores acima de 40%(bu), pode ser devida tanto à insuficiência do tempo padrão utilizado na determinação pelo método da estufa, como pela amostragem realizada a partir de um único ponto, no cilindro de secagem; sugerindo-se, para tanto, a determinação do teor de umidade pelo método da estufa até peso constante, bem como a inclusão de mais dois pontos de amostragem, nas secções próximas às extremidades do cilindro, em nível experimental.

Visando obter a temperatura de 40°C na massa de café, em função de dois fluxos de ar, as secagens realizadas entre os dias 02 e 04/06/99, revelam uma redução de 30% no tempo total de secagem, em função do aumento de 16,6% no fluxo de ar, como é mostrado na figura 5.5.

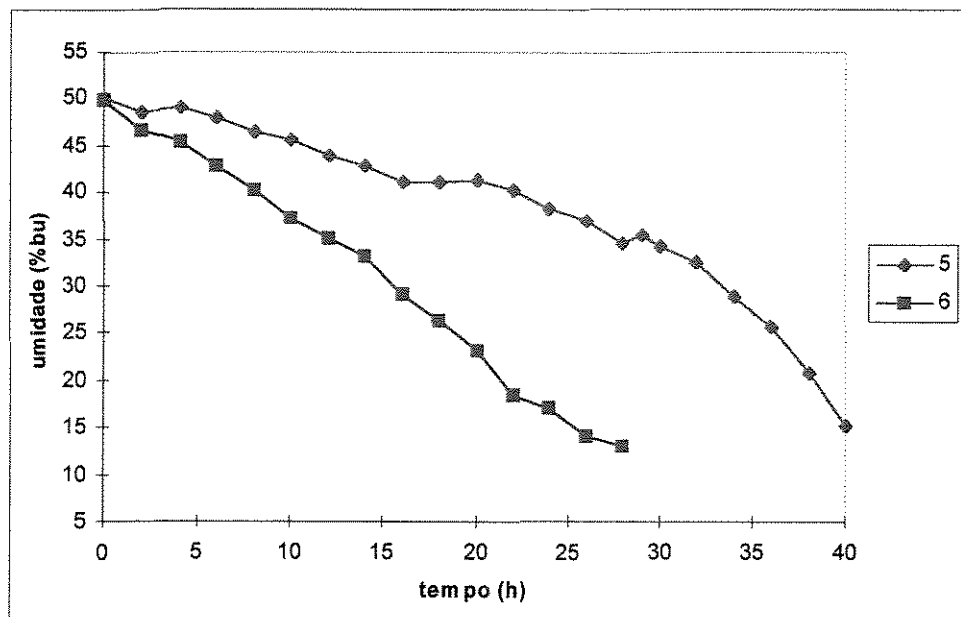


Figura 5.5- Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 83,1 e 99,5 $\text{m}^3.\text{min}^{-1}$ e temperaturas de 45,0 e 40,2°C, na massa de grãos, respectivamente. (1º teste).

Uma segunda bateria de secagens à temperatura de 40°C na massa de café, em função de dois fluxos de ar, realizadas entre os dias 05 e 06/06/99, é demonstrada na figura 5.6.

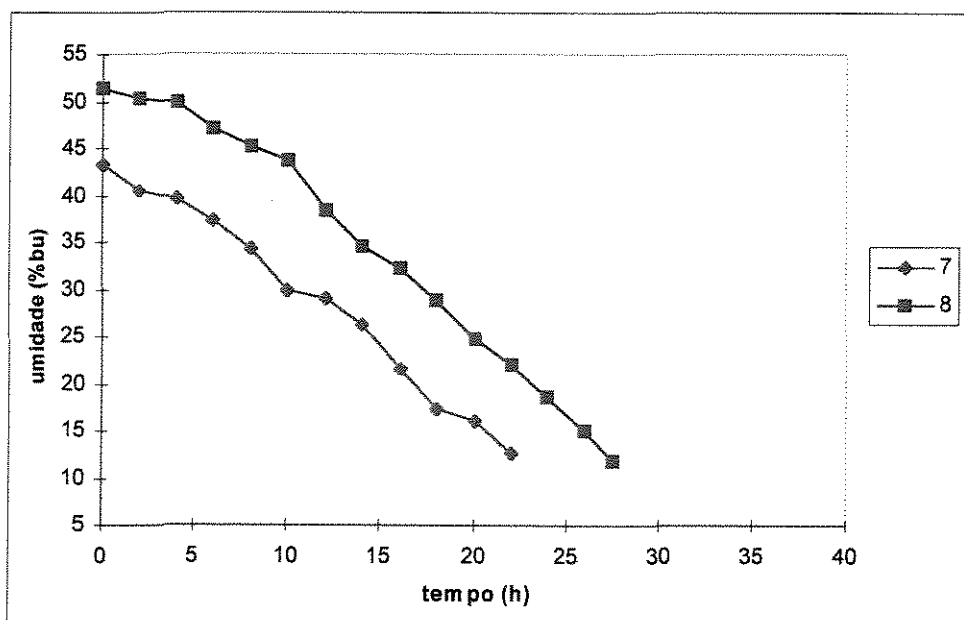


Figura 5.6- Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 82,9 e 102,3 $\text{m}^3.\text{min}^{-1}$, e temperatura de 50,6 e 40,8°C, na massa de grãos, respectivamente. (2º teste).

A diferença entre os teores de umidades iniciais dos grãos em cada secador, da ordem de 18,8%, foi determinante para a obtenção de um tempo total de secagem, 20,0% inferior, no teste que utilizou fluxo de ar inferior em 19,0%, contrariando os resultados obtidos no teste anterior, para as mesmas condições propostas.

A figura 5.7 mostra o comportamento das secagens que visaram à obtenção de 60°C na massa de café, em função de dois fluxos de ar, realizadas entre os dias 9 e 10/06/99. Como pode ser observado, o aumento de 20,3% no fluxo de ar resultou na redução de 15,9% no tempo total de secagem.

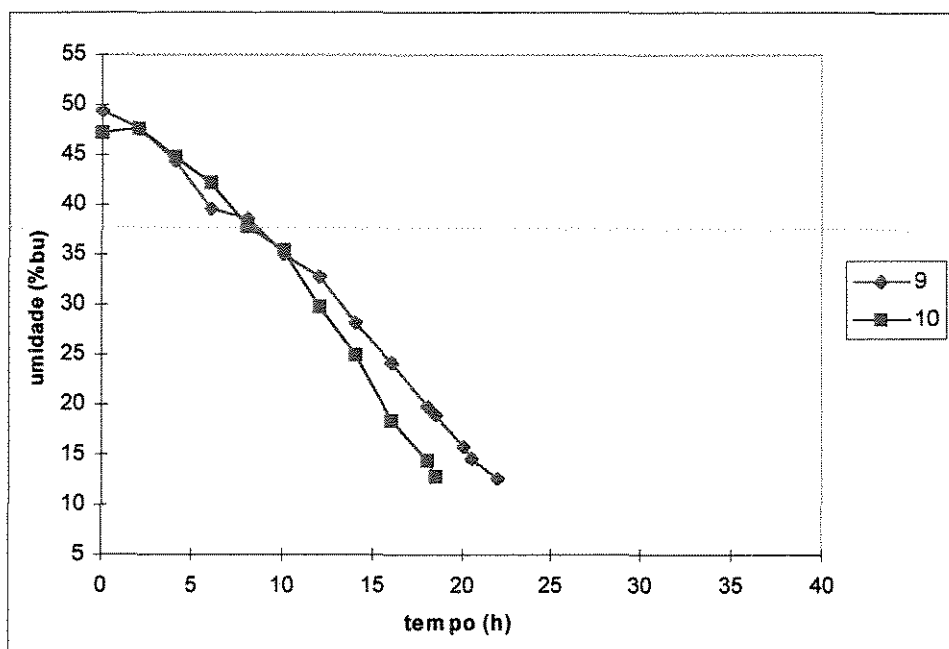


Figura 5.7-Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 85,1 e 106,8 m³.min⁻¹, e temperaturas de 55,7 e 43,7°C, na massa de grãos, respectivamente. (1º teste).

Observa-se, na figura 5.8 que dados obtidos na realização de um segundo teste para a mesma condição de temperatura na massa de café, entre os dias 12 e 13/06/99, ratificou a tendência observada na figura 5.7, havendo uma redução de 9,5% no tempo total de secagem, obtida com o aumento 15,9% no fluxo de ar.

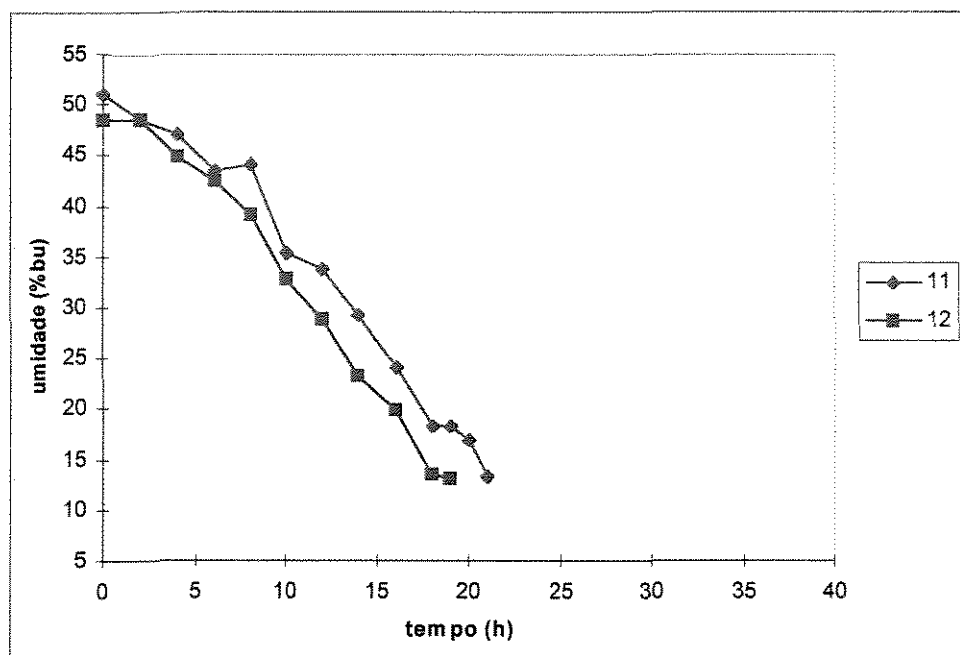


Figura 5.8-Curvas de secagem de café, para fluxos de ar de 87,8 e 104,4 m³.min⁻¹, e temperaturas de 53,2 e 42,2°C, na massa de grãos, respectivamente. (2º teste).

O aumento do fluxo de ar nas secagens que buscaram obter temperaturas de 40 e 50°C na massa de café proporcionou grande redução no tempo total de secagem, com exceção das secagens n^{os} 7 e 8, pelo motivo já exposto, os testes que procuraram obter temperaturas de 60°C na massa de café, utilizando fluxos de ar modificados mostraram menores reduções do tempo de secagem total, em relação aos testes que aplicaram fluxo de ar industrial.

5.2.3. Temperatura

A tabela 5.8 mostra o efeito do fluxo de ar e das temperaturas do ar e da massa de café, no tempo total de secagem.

A análise de variâncias aplicada aos tempos de secagem, apresentou um coeficiente de variação de 22,73%, em função do teor de umidade inicial da secagem n.º 7 ter sido muito inferior aos demais teores iniciais analisados, além das diferentes

condições ambientais observadas. Como consequência direta, a comparação das médias pelo teste de Tukey não resultou em diferenças significativas, ao nível de 5% de significância. A tabela ainda mostra a correlação direta entre o aumento da temperatura do ar de secagem e o aumento do fluxo do ar, em virtude da diminuição da densidade do ar de secagem, com o aumento da sua temperatura. Tal efeito não se repetiu nas secagens n^{os} 2 e 4, que operaram à temperatura média de 100,9°C no ar de secagem, ante as secagens n^{os} 10 e 12, que utilizaram 97,4°C. O aumento de 23°C na temperatura do ar de secagem resultou em aumento de 4,1 m³.min⁻¹ no fluxo de ar industrial e o aumento de 16,8°C no ar de secagem provocou um aumento de 4,7 m³.min⁻¹, utilizando o fluxo de ar modificado.

Tabela 5.8- Tempo de secagem de café em função do fluxo e temperatura do ar e da temperatura na massa.

Secagens	Temperatura do ar (°C)	Fluxo de ar médio (m ³ .min ⁻¹)	Temperatura na massa (°C)	Tempo (h)
1 + 3	85.2	83.9	51.1	30.5 a
5 + 7	76.9	82.4	47.8	31.0 a
9 + 11	99.9	86.5	54.4	21.5 a
2 + 4	100.9	103.1	43.4	20.8 a
6 + 8	80.6	100.9	40.5	27.8 a
10 + 12	97.4	105.6	43.0	18.8 a

Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

O comportamento das secagens em função das temperaturas na massa de café, para os níveis de fluxos de ar adotados pela indústria e modificados, é observado nas figuras 5.9 e 5.10, respectivamente.

Com exceção do teste de secagem n.º 7, realizado com teor de umidade inicial de 43,25%, ou seja, 4 a 8% inferior aos demais, o aumento da temperatura na massa reduziu o tempo de secagem total, utilizando-se fluxo de ar industrial.

Tanto nas comparações para os fluxos de ar industriais, como para os fluxos modificados, as temperaturas de secagem tiveram efeito pronunciado na redução dos tempos de secagem, confirmando as observações de OSÓRIO (1982) em secadores intermitentes.

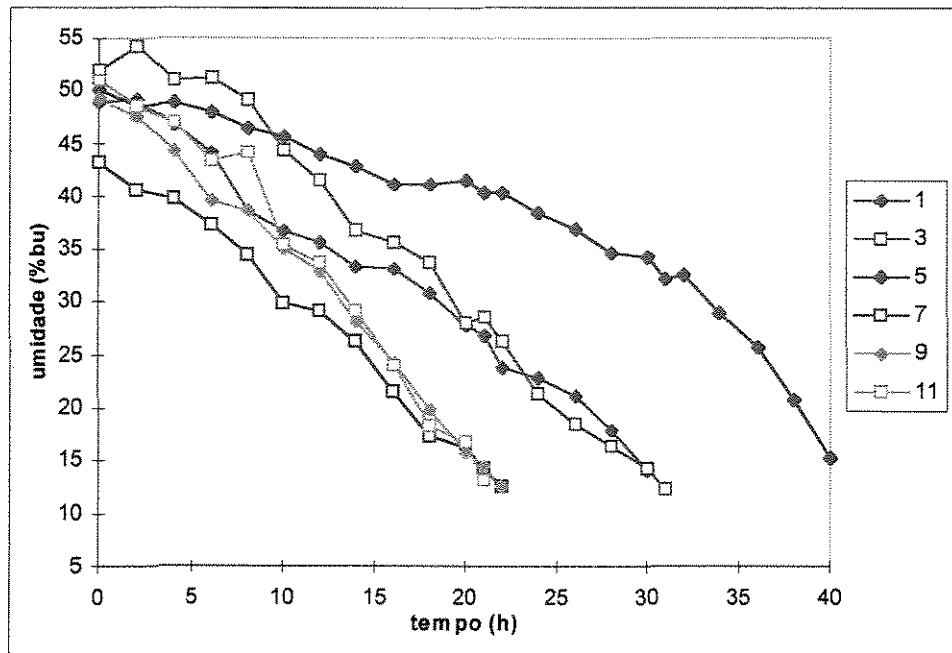


Figura 5.9- Secagens com temperaturas de 45 a 55,7°C na massa de café, com fluxo de ar industrial.

Nas secagens realizadas com fluxo de ar modificado, observa-se a relação inversa entre a temperatura na massa de café e o tempo de secagem total, como mostra a figura 5.10.

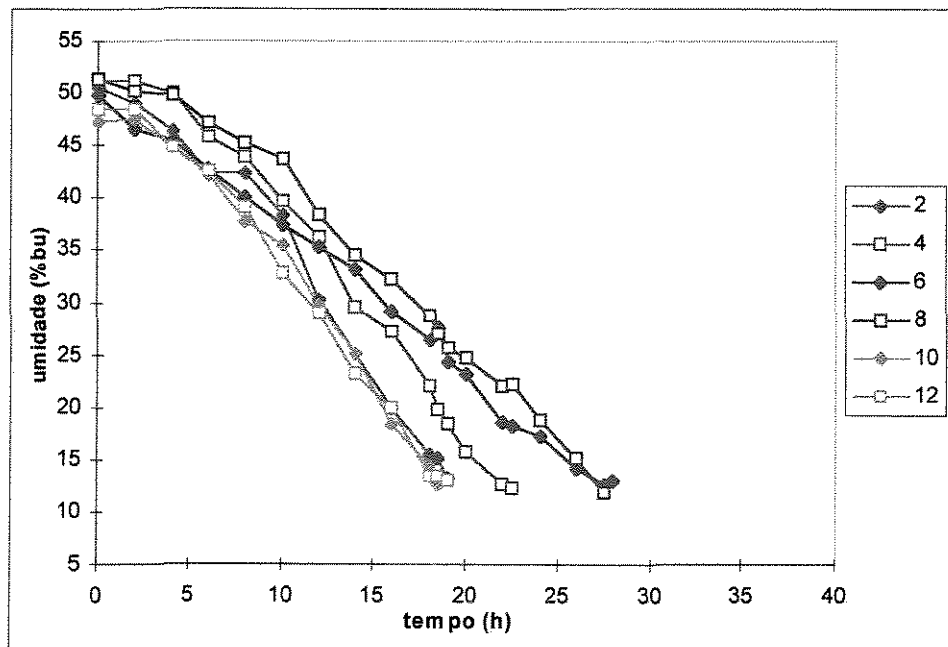


Figura 5.10- Secagens com temperaturas de 40,2 a 43,7°C na massa de café, com fluxo de ar modificado.

As temperaturas do ar na saída do secador são mostradas na tabela 5.9. Os registros revelam um comportamento linear da temperatura do ar de saída, ao longo do comprimento do cilindro, havendo, em alguns casos, uma pequena tendência ao aumento da temperatura do ar nas posições centrais do cilindro de secagem. O posicionamento externo dos sensores, a 2,0 cm da parede do cilindro, pode ter permitido a influência direta da temperatura do ar ambiente sobre os dados das temperaturas do ar de saída, o que, todavia, não prejudica a homogeneidade quanto à distribuição do ar de secagem na massa de café, possivelmente devido à forma geométrica do eixo de alimentação do ar de secagem, associada ao posicionamento angular dos defletores, no interior do cilindro.

Tabela 5.9 - Temperatura do ar de saída em secador rotativo (°C).

Secagem	Temperatura do ar de secagem (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Posições (m)					
			0.25	0.75	1.25	1.75	2.25	2.75
1	80.8	26.3	34.3	33.9	34.6	33.9	33.9	33.0
2	101.7	25.8	37.3	36.8	38.7	38.0	39.2	38.0
3	89.5	25.6	30.5	29.5	29.7	28.6	28.5	28.1
4	100.1	26.2	34.0	35.1	36.3	36.3	35.6	34.2
5	66.1	23.7	26.9	27.2	27.8	27.1	26.8	26.3
6	77.4	23.9	33.3	34.2	35.7	35.0	35.8	33.2
7	87.8	21.8	30.1	30.3	31.2	30.4	30.4	29.4
8	83.8	21.5	31.5	32.9	33.8	33.2	33.3	31.2
9	93.3	22.1	31.0	31.7	33.6	33.2	33.3	31.4
10	96.5	22.4	31.3	32.5	35.3	33.8	35.1	33.1
11	106.4	23.9	29.9	29.8	28.8	29.0	29.0	28.8
12	98.2	24.5	32.3	33.1	34.2	32.9	34.0	30.2

A menor diferença entre a média das temperaturas do ar de saída e a temperatura ambiente foi de 3,3°C, observada na secagem n.º 5, que utilizou temperatura de 66,1°C no ar de secagem. A maior diferença, observada na secagem n.º 2, foi de 12,2°C, com a utilização da temperatura de 101,7°C, no ar de secagem. A menor diferença de temperatura entre as posições no ar de saída foi de 1,0°C, obtida na secagem n.º 11 e a maior, de 4,0°C, ocorreu nas secagens 10 e 12. Os resultados mostraram uma tendência em maior homogeneidade nas temperaturas do ar de saída entre os pontos observados, nos testes que utilizaram fluxos de ar de secagem adotados pela indústria.

Os registros de temperatura do ar à saída do secador confirmaram a referência de VIEIRA (1994), quanto à uniformidade da distribuição do ar quente em contato com os grãos, em secadores rotativos.

5.2.4. Água removida

As médias das quantidades de água retiradas, em função do tempo de secagem, para as várias condições de temperatura da massa de café e de fluxo de ar, apresentaram diferenças significativas, como pode ser observado na tabela 5.10.

Tabela 5.10- Água removida em função do fluxo de ar e temperatura da massa de café.

Secagem	Fluxo de ar ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	Temperatura massa ($^{\circ}\text{C}$)	Média (Kg/h)
1 + 3	83.9	51.1	84.31 ab
2 + 4	103.1	43.4	127.11 b
5 + 7	82.4	47.8	78.55 a
6 + 8	100.9	40.5	94.17 ab
9 + 11	86.5	54.5	119.67 ab
10 + 12	105.6	43.0	128.58 b

Médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os resultados mostram haver relação direta entre o fluxo de ar, a temperatura da massa de café e a média de retirada de água, por unidade de tempo.

O comportamento da perda de água em função do tempo total a cada secagem, é apresentado na tabela 5.11. O maior gradiente de água retirado foi de 39,62%, correspondendo a 31,0 horas de secagem à temperatura de $51,1^{\circ}\text{C}$ na massa de café e com fluxo de ar industrial, e o menor gradiente foi de 30,64%, em 22 horas de secagem à temperatura de $50,6^{\circ}\text{C}$ na massa de café e fluxo de ar industrial. O menor tempo total de secagem foi de 18,5 horas, onde o gradiente de 34,55% de água foi retirado à temperatura de $43,7^{\circ}\text{C}$ na massa de café, com fluxo de ar modificado para $106,8 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ e o maior tempo, de 40 horas, através da secagem a $45,0^{\circ}\text{C}$ na massa, com fluxo de ar de $83,05 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, adotado pela indústria.

Os teores de umidade ao final da secagem, entre 11,84 e 14,04%, acompanharam as recomendações de MENDES et al. (1995), com exceção da secagem n.º 5, que obteve um teor de umidade final de 15,30%.

Confirmando as observações de RENA et al. (1986) e THOMAZIELLO et al. (1996), a armazenagem em condições ideais, manteve as características de cor original e conservação do café, durante os intervalos de 88 a 108 dias que transcorreram entre o início da armazenagem e a retirada das amostras para a classificação sensorial.

Tabela 5.11- Água removida em função do tempo total de secagem.

Secagem	Umidade inicial (%bu)	Umidade final (%bu)	Diferença (%bu)	Água retirada (Kg)	Tempo de secagem (h)
1	48,92	14.04	34.88	2434.50	30.0
2	50,62	13.17	37.52	2587.80	19.0
3	51,96	12.34	39.62	2711.57	31.0
4	51,14	12.35	38.79	2655.23	22.5
5	50,02	15.30	34.72	2459.20	40.0
6	49,82	13.11	36.71	2534.84	28.0
7	43,25	12.61	30.64	2103.64	22.0
8	51,36	11.84	39.52	2689.50	27.5
9	49,37	12.60	36.77	2524.28	22.0
10	47,28	12.73	34.55	2375.40	18.5
11	51,08	13.25	37.83	2616.39	21.0
12	48,50	13.05	35.45	2446.25	19.0

5.2.5. Fluxo de ar

As médias obtidas dos fluxos de ar podem ser observadas na figura 5.11. Nota-se uma pequena tendência, a partir das mesmas condições de rotação do motor do ventilador, em aumento do fluxo de ar com o aumento da temperatura do ar de secagem, pela razão inversa existente entre sua temperatura e densidade, tanto para o fluxo de ar industrial, como para o fluxo modificado.

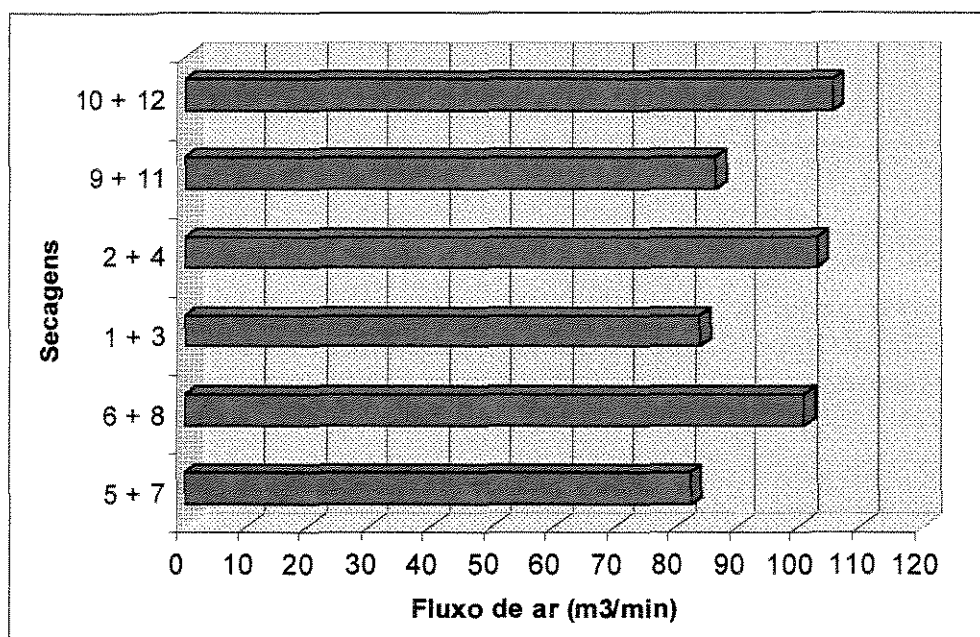


Figura 5.11- Fluxos médios de ar em função de diferentes temperaturas do ar de secagem.

Para o fluxo de ar industrial, a análise de variâncias gerou um coeficiente de variação de 2,55%, e a análise das médias não apresentou diferença ao nível de 5%, pela aplicação do teste de Tukey. Para o fluxo alterado, o coeficiente da variação foi de 2,09%, e a análise das médias também não apresentou diferença significativa, como pode ser observado na tabela 5.12.

Tabela 5.12- Médias de fluxos em função de temperaturas do ar de secagem.

Secagens	Temperatura do ar (°C)	Fluxo de ar (m³.min ⁻¹)
1 + 3	85.2	83.9 a
5 + 7	77.0	82.4 a
9 + 11	99.9	86.5 a
2 + 4	100.9	103.1 a
6 + 8	80.6	100.9 a
10 + 12	97,4	105.6 a

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

A análise de variâncias para o total de ar utilizado nas secagens resultou em um coeficiente de variação de 19,00% e as médias, comparadas pelo teste de Tukey (5%), não apresentaram diferença significativa, como se observa na tabela 5.13.

O fluxo de ar teve mais efeito em diminuir o tempo de secagem, confirmando as observações de VIEIRA (1994) e VIEIRA & VILELA (1995).

Tabela 5.13- Total de ar utilizado em função do fluxo de ar e do tempo de secagem.

Secagens	Temperatura do ar (°C)	Fluxo de ar ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	Tempo (h)	Ar Total ($\text{m}^3 \cdot 10^3$)
1 + 3	85.2	83.9	30.50	153.54 a
5 + 7	77.0	82.4	31.00	153.26 a
9 + 11	99.9	86.5	21.50	111.59 a
2 + 4	100.9	103.1	20.75	128.36 a
6 + 8	80.6	100.9	27.75	168.00 a
10 + 12	97.4	105.6	18.75	118.80 a

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Considerando a maior diferença no tempo total entre as secagens, o aumento de 22% no fluxo de ar proporcionou 39,5% de redução no tempo de secagem, inferior à redução de 55% no tempo, que GUIDA (1994) obteve, com o aumento de 16 para 63 $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, no fluxo de ar, em secador experimental de camada fixa.

5.2.6. Gás liqüefeito de petróleo (GLP)

A análise do consumo de GLP em função do tempo de secagem, apresentou um coeficiente de variação de 7,70%, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%, não apresentaram diferença significativa, como se observa na tabela 5.14.

Tabela 5.14- Consumo de GLP em diferentes condições de secagem de café.

Secagens	Fluxo de ar ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	Temperatura do ar (°C)	Água removida (%)	Tempo de secagem (h)	Consumo médio de GLP (Kg/h)
1 + 3	83.9	85.2	37,25	30,5	6,49 a
2 + 4	103.1	100.9	38,16	20,8	8,38 a
5 + 7	82.4	77.0	32,68	31,0	7,33 a
6 + 8	100.9	80.6	38,12	27,8	7,84 a
9 + 11	86.5	99.9	37,30	21,5	7,71 a
10 + 12	105.6	97.4	35,00	18,8	8,70 a

Médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os consumos de GLP em função do tempo de secagem foram superiores aos observados por GARCIA et al. (1998); no entanto, se observados em função da remoção de água dos grãos, foram obtidos valores de 3,53 a 5,59 Kg de GLP por ponto percentual de água removida, diante dos 6,57 a 7,67 Kg, obtidos pelos mesmos autores, que utilizaram grãos com umidades iniciais entre 24,06 e 15,30 e finais entre 11,75 e 11,25%(bu). A análise das médias de consumo total de GLP não apresentou diferença significativa pela aplicação do teste de Tukey ao nível de 5%. A figura 5.12 mostra as médias do consumo total de GLP, para as diferentes condições de secagem.

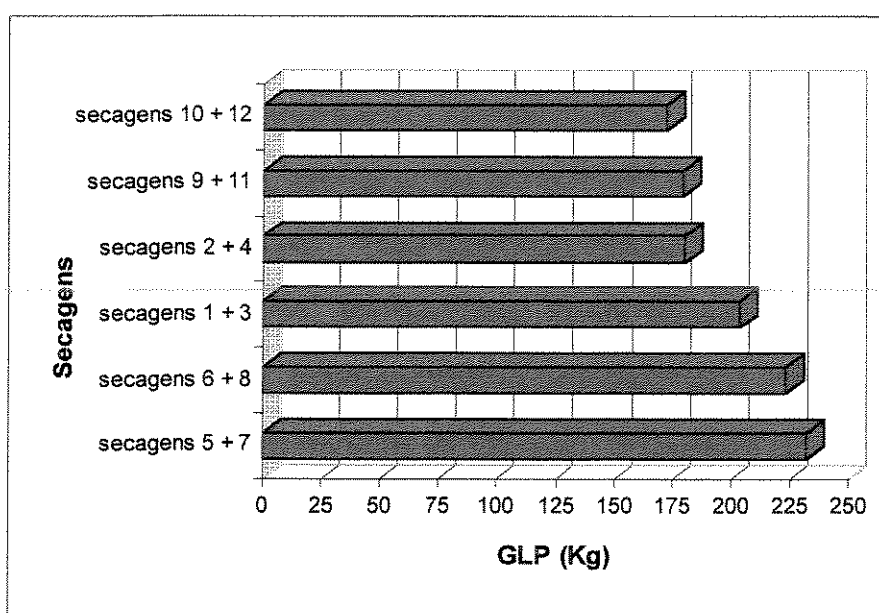


Figura 5.12- Consumo de GLP para diferentes condições de secagem de café.

As secagens n^{os} 9 a 12, onde se procurou obter temperaturas de 60°C na massa de café, independente do fluxo de ar de secagem, consumiram as menores quantidades de GLP e o maior consumo total foi observado nas secagens n^{os} 5 e 7, com o agravante de que esta última necessitou de GLP para retirada de um teor de umidade aproximadamente 7% inferior à de n.º 5, o que pode ter provocado o coeficiente de variação de 23,69% na análise de variâncias dos totais de GLP consumidos e a não observação de diferença significativa, na análise das médias.

As secagens que procuraram obter maiores temperaturas na massa de café, associadas a maiores fluxos de ar, resultaram em menores consumos de GLP, sendo que

as secagens que procuraram obter menores temperaturas na massa, independente do fluxo de ar utilizado, proporcionaram maiores consumos de GLP, durante o processo.

A figura 5.13 mostra a relação entre consumo de GLP e a remoção de água, nas diferentes condições de secagem.

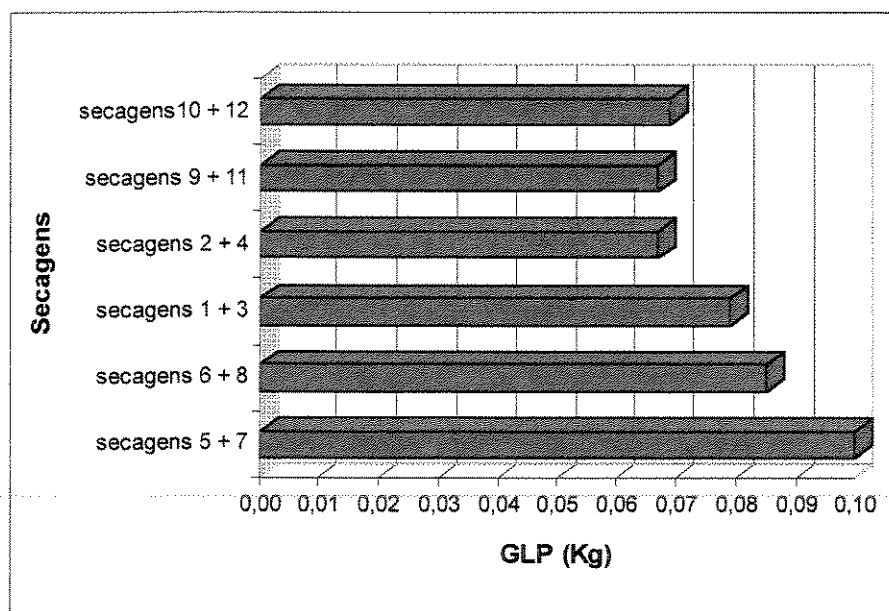


Figura 5.13- Consumo de GLP por Kg de água removida em secagens de café.

As secagens que buscaram obter temperatura de 60°C na massa de café, independente do fluxo de ar utilizado e as que procuraram obter 50°C, com fluxo de ar modificado, resultaram em menores quantidades de GLP necessárias à remoção de um Kg de água, mostrando que a associação de maiores fluxos de ar e maiores temperaturas de secagens, resultam em menor necessidade de GLP, por unidade de água removida.

A análise de variâncias para o consumo de GLP por Kg de água removida apresentou um coeficiente de variação de 19,56% e a análise das médias não resultou em diferenças significativas, pela aplicação do teste de Tukey, ao nível de 5%, possivelmente em função do teor de umidade inicial da parcela n.º 7, ressaltado anteriormente.

A figura 5.14 mostra a quantidade de GLP necessária para o aquecimento do ar utilizado nas secagens. O menor consumo médio de GLP por unidade de ar aspirado foi observado nas secagens n^{os} 2 e 4, que utilizaram $1,27 \cdot 10^{-3}$ Kg de GLP para o aquecimento de 1 m^3 de ar. As secagens n^{os} 5 e 7 foram as que mais consumiram, necessitando de $2,10 \cdot 10^{-3}$ Kg de GLP, para o aquecimento.

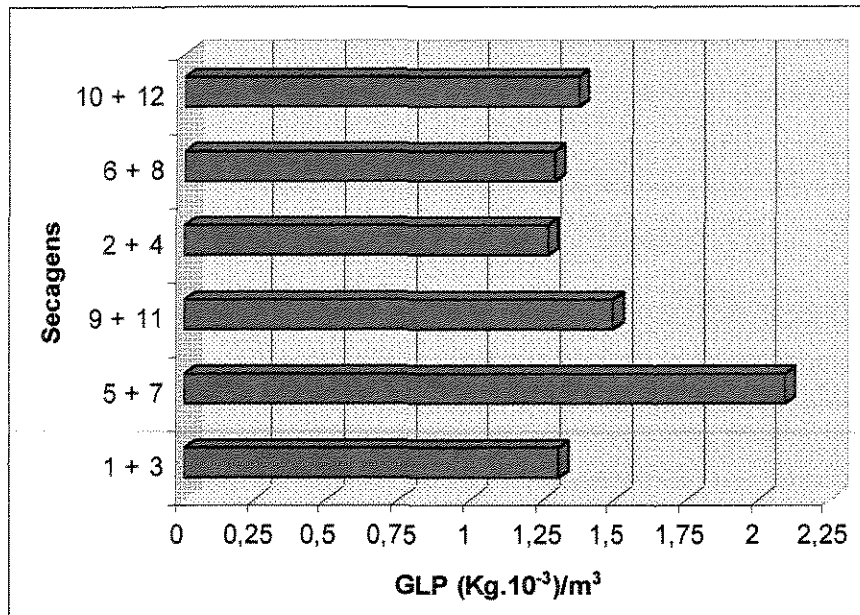


Figura 5.14- GLP utilizado para aquecimento do ar em secagens de café

5.2.7. Custo energético

A tabela 5.15 mostra os custos totais de GLP consumidos no aquecimento do ar nas secagens, ao valor de R\$ 0,73/Kg de GLP (Junho/1999).

Baseado em um consumo de $0,2208 \text{ m}^3$ de lenha por hora de secagem, obtido por Nogueira et al. (1987) apud GARCIA et al. (1998), as secagens utilizariam um volume de lenha variável entre $4,08$ e $8,83 \text{ m}^3$, com economia da ordem de 14,3% em relação ao GLP, nas secagens n^{os} 2 e 12 e cerca de 25,4% mais cara em relação ao GLP, na secagem n.º 1.

Tabela 5.15- Custo do GLP em secagens de café.

Secagem	Duração (h)	*Lenha de eucalipto (m ³)	**Custo da lenha (R\$)	Custo GLP (R\$)
1	30.0	6.62	165.50	123.52
2	19.0	4.20	105.00	122.61
3	31.0	6.83	170.75	165.88
4	22.5	4.97	124.25	130.09
5	40.0	8.83	220.75	220.17
6	28.0	6.18	154.50	159.02
7	22.0	5.02	125.50	114.35
8	27.5	6.28	157.00	158.59
9	22.0	4.86	121.50	119.33
10	18.5	4.08	102.00	115.74
11	21.0	4.64	116.00	122.33
12	19.0	4.20	105.00	122.47

* Nogueira et al. (1987) apud GARCIA et al. (1998).

** Custo referencial da lenha de eucalipto: R\$ 25,00/ m³

Os consumos e custos da energia elétrica utilizada nas operações de elevação, rotação do cilindro de secagem e propulsão do ventilador, ao valor de R\$ 0,13/Kw (Junho/1999), são observados na tabela 5.16.

Tabela 5.16- Consumo e custo de energia elétrica em secagens de café.

Tempo de secagem (h)	Motor (hp) e consumo (KW)	Tempo de elevação (h)	Motor (hp) e consumo (KW)	Tempo de rotação (h)	Motor (hp) e consumo (KW)	Consumo total (KW)	Custo (R\$)
1 30.0	3 67.14	1 0.75	1 0.56	1 32.0	2 47.74	1 115.44	15.01
2 19.0	5 70.87	2 0.75	1 0.56	2 21.0	2 31.33	2 102.76	13.36
3 31.0	3 69.38	3 0.75	1 0.56	3 33.0	2 49.24	3 119.18	15.49
4 22.5	5 83.93	4 0.75	1 0.56	4 24.5	2 36.55	4 121.04	15.74
5 40.0	3 89.52	5 0.75	1 0.56	5 42.0	2 62.66	5 152.74	19.86
6 28.0	5 104.44	6 0.75	1 0.56	6 30.0	2 44.76	6 149.76	19.47
7 22.0	3 49.23	7 0.75	1 0.56	7 24.0	2 35.81	7 85.60	11.13
8 27.5	5 102.58	8 0.75	1 0.56	8 29.5	2 44.01	8 147.15	19.13
9 22.0	3 49.24	9 0.75	1 0.56	9 24.0	2 35.81	9 85.61	11.13
10 18.5	5 69.01	10 0.75	1 0.56	10 20.5	2 30.59	10 100.16	13.02
11 21.0	3 47.00	11 0.75	1 0.56	11 23.0	2 34.32	11 81.88	10.64
12 19.0	5 70.87	12 0.75	1 0.56	12 21.0	2 31.33	12 102.76	13.36

A análise de variâncias dos custos energéticos para as diferentes condições de secagem apresentou um coeficiente de variação de 23,0% em virtude do menor teor de umidade inicial na secagem n.º 7 e as médias, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, não apresentaram diferenças significativas, como mostra a tabela 5.17.

Apesar de ter apresentado um custo energético 0,4% superior ao das secagens n^{os} 9 e 11, os resultados mostram que a combinação de temperaturas e fluxos de ar utilizados nas secagens n^{os} 10 e 12, levaram a economias de 9,6 a 39,5% no tempo total e de 6,1 a 27,6% no custo da energia demandada pelo processo de secagem, ratificando, quanto à temperatura de secagem, as observações de BARROS et al. (1994), porém, não correspondendo às suas afirmações, quanto ao teor de umidade inicial do café.

Tabela 5.17- Médias de custos energéticos em secagens de café.

Secagem	Tempo (h)	Custo (R\$)
1 + 3	30.50	159.95 a
2 + 4	20.75	140.90 a
5 + 7	31.00	182.76 a
6 + 8	27.75	178.11 a
9 + 11	21.50	131.72 a
10 + 12	18.75	132.30 a

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os custos energéticos por unidade de café submetido às secagens, são apresentados na tabela 5.18.

Tabela 5.18-Custos energéticos por unidade de café seco em função de diferentes temperaturas e fluxos de ar de secagem.

Secagem	Fluxo de ar (m ³ .min ⁻¹)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura na massa (°C)	Café seco em pergaminho (Kg)	Custo* total (R\$)	Custo/Kg em pergaminho (R\$)
1	86.1	80.8	51.9	3565.38	138.53	0.039
2	105.2	101.7	43.5	3412.18	135.97	0.040
3	81.6	89.5	51.1	3288.16	181.37	0.055
4	101.0	100.1	43.2	3344.67	145.83	0.044
5	83.1	66.1	45.0	3540.41	240.03	0.068
6	99.5	77.4	40.2	3465.07	178.49	0.052
7	82.9	87.8	50.6	3896.33	125.48	0.032**
8	102.3	83.8	40.8	3310.34	177.72	0.054
9	85.1	93.3	55.7	3475.74	130.46	0.038
10	106.8	96.5	43.7	3624.61	128.76	0.036
11	87.8	106.4	53.2	3383.52	132.97	0.039
12	104.4	98.2	42.2	3553.77	135.83	0.038

* Custos referentes ao GLP e energia elétrica.

**Devido à menor umidade inicial do café, a quantidade de água extraída nesta secagem foi inferior às demais.

Os menores custos energéticos por unidade de café seco foram obtidos pelas secagens que utilizaram maiores fluxos de ar ao longo do processo, visando ao

aumento da temperatura da massa, com exceção da secagem n.º 2, que teve um custo superior em R\$ 0,01 para cada Kg de café seco, em relação a n.º 1, dentro de uma mesma bateria de secagem. Os resultados divergem da recomendação de IBC (1985) apud VIEIRA (1994) que, sem especificar o tipo de secador, sugere a temperatura de 65 a 70°C na entrada do ar, não devendo ultrapassar os 80°C, sob o ponto de vista econômico. Os resultados das secagens n.ºs 10 e 12 ratificam as observações de SILVA et al. (1992) apud VIEIRA (1994), sobre as recomendações de temperaturas de 100°C no ar de entrada, em relação aos menores tempos de secagem e consumo de combustível.

5.3. Qualidade

Os aspectos qualitativos dos cafés submetidos às diferentes condições de secagem, foram analisados sensorialmente segundo os parâmetros: seca, cor, aspecto e bebida e os resultados são observados na tabela 5.19. As análises de variâncias para os parâmetros qualitativos apresentaram coeficiente de variação de 5,04% para a seca, 4,39% para a cor e 4,16% para o aspecto dos cafés analisados. Os resultados das análises das bebidas pela prova de xícara revelaram não haver diferença, para as condições de secagem estudadas, caracterizando as bebidas como “duras”, confirmando a tendência a esta caracterização, observada por PIMENTA (1995) pela subjetividade sensorial da prova de xícara. A não ocorrência de bebidas “moles”, deveu-se a presença de 8 a 10% de grãos brocados nas amostras, devido à não realização de controle químico nos talhões que forneceram o café para a realização das secagens.

Temperaturas médias entre 40,2 e 56,1°C na massa de café e fluxos de ar de secagem entre 81,5 e 106,7 m³.min⁻¹ não alteraram a qualidade da bebida, pela prova de xícara, ratificando a não constatação de efeitos da temperatura sobre a qualidade final do café, apontada por Silva et al. (1982) apud VIEIRA (1994).

A ausência de grãos ainda verdes no café cereja descascado e desmucilado, permitiu a realização das secagens a temperaturas na massa de café acima de 45°C, superando as recomendações de IBC-GERCA (1985) e THOMAZIELLO et al. (1996).

A secagem n.º 9 operou a 60°C na temperatura na massa, entre a 10^a e a 22^a hora e a de n.º 11, entre a 17^a e a 21^a hora de secagem, sem alteração na bebida dos cafés, contrariando as observações de PRETE et al. (1995), que observaram alterações na qualidade da bebida dos grãos submetidos à temperatura de 60°C, na secagem artificial.

A comparação das médias para os parâmetros da análise sensorial revelou não haver influência direta da temperatura na massa de café, dentro dos limites médios alcançados, sobre a seca, cor, aspecto e bebida do café, contrariando as afirmações de Ferraz & Veiga (1960) apud ABRAHÃO et al. (1976), BARTHOLO et al. (1989), CHALFOUN & CARVALHO (1997) e GODINHO et al. (1998), possivelmente em função da desmucilagem mecânica dos grãos, isentando-os da possibilidade de ocorrência de fermentações, durante a secagem.

Tabela 5.19- Aspectos qualitativos do café em função de diferentes condições de secagem.

Secagem	Fluxo de ar (m ³ .min ⁻¹)	Temperatura na massa (°C)	Seca	Cor	Aspecto	Bebida
1	86,09	52,10	80,00 a	80,00 a	80,00 a	Dura
2	105,02	44,25	82,75 abc	84,00 ab	84,50 ab	Dura
3	81,59	51,17	80,00 a	80,00 a	80,00 a	Dura
4	101,04	43,15	80,00 a	81,75 ab	82,75 ab	Dura
5	83,05	45,04	80,00 a	80,00 a	80,00 a	Dura
6	99,57	40,22	91,00 d	91,00 b	90,50 b	Dura*
7	82,77	50,98	90,00 bcd	90,25 ab	90,50 b	Dura
8	102,32	40,96	90,50 cd	91,25 b	89,50 b	Dura
9	84,95	56,10	90,50 cd	88,50 ab	87,00 ab	Dura
10	106,67	44,40	90,00 bcd	89,75 ab	87,50 ab	Dura
11	87,83	54,04	83,25 abcd	84,50 ab	83,75 ab	Dura
12	104,38	42,98	82,25 ab	83,25 ab	82,50 ab	Dura

Médias seguidas de letras diferentes, na vertical, diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

* A bebida foi considerada "mole", em uma repetição.

Apesar de terem sido utilizadas temperaturas do ar de secagem acima de 80°C, não foram observados danos nos grãos, contrariando as observações de Ruiz Aguas (1988) apud GUIDA (1994).

A modificação no fluxo de ar utilizado originalmente nos secadores testados não influenciou no parâmetro seca, mostrando uma tendência a melhora nos parâmetros cor e aspecto.

5.4 Considerações finais (Tempo x Custo energético x Qualidade)

Na tabela 5.20, observam-se os resultados experimentais obtidos para os parâmetros : tempo, custo energético e qualidade dos cafés submetidos às secagens.

Tabela 5.20- Tempo, custo de secagem e qualidade de café

Secagem	Duração (h)	Custo/Kg (R\$)	Bebida
1	30.0	0.039	Dura
2	19.0	0.040	Dura
3	31.0	0.055	Dura
4	22.5	0.044	Dura
5	40.0	0.068	Dura
6	28.0	0.052	Dura*
7**	22.0**	0.032**	Dura
8	27.5	0.054	Dura
9	22.0	0.038	Dura
10	18.5	0.036	Dura
11	21.0	0.039	Dura
12	19.0	0.038	Dura

* A bebida foi considerada “mole”, em uma repetição.

** A duração e custo energético da secagem n.º 7 se deveu à menor extração de água na secagem, em virtude do teor de umidade inicial inferior (43,25%bu).

Avaliando-se os três parâmetros, a secagem n.º 10, que associou o maior fluxo médio de ar ($106,8 \text{ m}^3.\text{min}^{-1}$), temperatura média do ar de secagem de $96,5^\circ\text{C}$, gerando temperatura média na massa de $43,7^\circ\text{C}$, obteve o melhor desempenho, sem prejuízo da qualidade sensorial do café.

Segundo os mesmos parâmetros, o pior desempenho foi obtido pela secagem n.º 5, tendo associado o fluxo de ar adotado originalmente pela indústria ($83,1 \text{ m}^3.\text{min}^{-1}$), temperatura média do ar de secagem de $66,1^\circ\text{C}$ e temperatura média de 45°C na massa de café, sem prejuízo da qualidade.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no trabalho, considerando as temperaturas e fluxos de ar empregados, as condições ambientais e as umidades iniciais e finais utilizadas na secagem do café cereja descascado e desmucilado, permitem as seguintes conclusões:

- A utilização do fluxo de ar modificado de 81,6 para 106,8 m³.min⁻¹, nas secagens de café cereja descascado e desmucilado em secadores rotativos, não comprometeu a qualidade sensorial, nos parâmetros bebida, seca, cor e aspecto.
- As secagens a temperaturas médias de 40,2 a 56,1°C na massa de grãos, em secadores rotativos, não causaram efeitos prejudiciais à qualidade sensorial do café cereja descascado e desmucilado, segundo os parâmetros: bebida, seca, cor e aspecto.
- O aumento no fluxo do ar de secagem, consideradas as mesmas condições ambientais, reduziu sensivelmente o tempo de secagem do café cereja descascado e desmucilado, em secadores rotativos.
- A utilização de maiores fluxos de ar, combinados com maiores temperaturas do ar de secagem, conduziram a menores consumos de GLP.

- As secagens que combinaram a utilização de maiores temperaturas do ar de secagem com maiores fluxos de ar obtiveram, considerados o GLP e a energia elétrica utilizados, o menor custo energético.

- As perdas de água dos grãos de café cereja descascado e desmucilado, durante a secagem em secadores horizontais rotativos, para as faixas de umidade testadas, podem ser representadas por equações lineares, caracterizando uma taxa constante de redução da umidade, ao longo do processo.

- As temperaturas do ar de saída nos secadores horizontais rotativos mostraram haver distribuição homogênea do ar de secagem na massa de grãos, com destaque para as secagens que utilizaram os fluxos de ar adotados pela indústria.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, I.O.; MIRANDA, L.R.F. de; ABRAHÃO, J.T.M. **Aplicação da cristalização sensitiva na determinação da qualidade da bebida do café.** Piracicaba, Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", v.33, p. 567-75, 1976.
- AGRIANUAL'99- **Anuário da Agricultura Brasileira.** FNP/C&C. São Paulo, P.199-217, 1996.
- ATHIÉ, I.; CASTRO, M.F.P.M. de.; GOMES, R.A .R.; VALENTINI, S.R.T. **Conservação de grãos.** Campinas, Fundação Cargill, 1998. 236p,
- BARBOZA, H.,C.A., ALMAYA L., F.L. **Analisis de la calidad del grano y la bebida del café var. Caturra en funcion de la maduracion y tiempo de fermentacion.** Maracay, Agronomia Tropical, v.46, n.3, p.289-311, 1996.
- BARROS, W.J.; FABRI, M.A .; VICENTE, J. da C. **Estudo de otimização energética em operações pós-colheita de café.** Guarapari, 20º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.39-41, 1994.
- BÁRTHOLO, G.F.; GUIMARÃES, P.T.G. **Cuidados na colheita e preparo do café.** Belo Horizonte, Informe Agropecuário, v.18, n.187, p.33-42, 1997.

BÁRTHOLO, G.F.; MAGALHÃES FILHO, A .A .R. de; GUIMARÃES, P.T.G.; CHALFOUN, S.M. **Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café.** Belo Horizonte, Informe Agropecuário, v.14, n.162, p.33-44, 1989.

BRANDO, C.H.J. **Introdução do café cereja descascado nas regiões cafeeiras do Brasil.** Araxá, 18º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.86-89, 1992.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes.** Brasília, 1992. 188p.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oil seeds.** Westport, The AVI Publishing, 1992. 450p.

BUENO, B.F. **Sistema de analise estatística anova 1.0,** Espírito Santo do Pinhal, 1998.

CAMARGO, A.P. de.; SANTINATO, R.; CORTEZ, J.G. **Aptidão climática para qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras da arábica no Brasil.** Araxá, 18ºCongresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.70-74, 1992.

CAMPOS, A.C.; LAGE, R.M. **Curso de informação sobre combustíveis e combustão.** Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Petróleo, apostila, 1977. 14p.

CARNEIRO F.º. **Qualidade do café: a necessidade da eliminação de defeitos.** Águas de Lindóia, 22º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.79-80, 1996.

CARVALHO, V.D. de. **Qualidade do café.** Lavras, UFLA/FAEPE, 1997. 73p.

CARVALHO, V.D. de.; CHALFOUN, S.M.; CHAGAS, B.S.S.J.R. **Relação entre classificação do café pela bebida e composição físico-química, química e microflora do grão beneficiado.** Maringá, 15º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.25-26, 1989.

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.D. de. **Classificação de propriedades e municípios cafeeiros da região sul do estado de Minas Gerais quanto a estruturas e procedimentos, visando a preservação da qualidade e sua relação com a população cafeeira.** Águas de Lindóia, 22º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.90-92, 1996.

- CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.D. de. **Microflora associada a frutos e grãos de café de diferentes locais, tipos de colheita e diferentes etapas do preparo**. Maringá, 15º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.17-21, 1989.
- CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.D. de. **Colheita e preparo do café**. Lavras, UFLA/FAEPE, 1997. 49p.
- CLIFFORD, E.A. **LP-Gas service & installation handbook "A practical guide to LP-Gas utilization"**. New York, Moore Publishing Company, Inc., v.1, 1962.
- CORTEZ, J.G. **Controle de fermentações indesejáveis no café**. Caxambu, 21º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.54-55, 1995.
- CORTEZ, J.G.; BARROS, U.V.; BARBOSA, C.M., TOLEDO, J.J.J.B. **Sistemas de colheita e processamento do "café da montanha" no leste mineiro e suas influências sobre a bebida e industrialização**. Manhuaçu, 23º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.144-148, 1997.
- CUNHA, J.; SERÔDIO, R.S. **Tecnologia disponível para o beneficiamento e armazenamento do cacau**. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC, Boletim Técnico n.º 172, 1991. 45p.
- CUNHA, M.L.; CANTO, M.W.; CORTEZ, J.G.; MARSAIOLI Jr., A. **Ensaio preliminares sobre a secagem de café cereja descascado por ar quente assistido a microondas**. Caxambu, 21º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.147-150, 1995.
- DWYER. **Air velocities with the Dwyer pitot tube**. Michigan City, Dwyer Instruments, Inc., Bulletin n.º H-11, 1992. 5p.
- EGSA- Equipamentos para gás do Brasil Ltda. **Teorias e aplicações de equipamentos para G.L.P.** São Paulo, apostila, s.d. 11p.
- FAZUOLI, L.C.; MEDINA F.º, H.P.; GUERREIRO F.º, O .; GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M.B.; LIMA, M.M.A. de; CARVALHO, A.(*in memoriam*). **Cultivares de café**. Campinas, IAC, p.1-7, 1999.
- GARCIA, A.W.R.; MIGUEL, A.E.; NOGUEIRA, V.S., JAPIASSÚ, L.B. **Estudo de secagem do café com queimadores a gás**. Poços de Caldas, 24º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.158-159, 1998.
- GODINHO, R.P.; VILELA, E.R.; OLIVEIRA, G.A. **Deterioração pós-colheita do café**. Poços de Caldas, 24º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.128-129, 1998.

GUIDA, V.F.A .A. **Influência da temperatura, fluxo de ar e altura da camada de grãos na secagem de café (*Coffea arabica* L.) despulpado em secador experimental de camada fixa.** Lavras, Dissertação (mestrado)- Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1994. 57p.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. **Fisiologia do cafeeiro.** Lavras, UFLA/FAEPE, 1996. 38p.

HAYWARD, A.T.J. **Flowmeters- A basic guide and source-book for users.** London, The MacMillan Press Ltd., 1981.

IBC-GERCA. **Cultura de café no Brasil: Manual de recomendações.** Instituto Brasileiro do Café/ Grupo executivo de Racionalização da Cafeicultura. Rio de Janeiro, 1985. 580p.

JORGE, J.P.N.; GARRUTTI, R.S. **Métodos estatísticos aplicados à análise sensorial de alimentos e bebidas.** Boletim 137, Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 1964.

KREYGER, J. **Practical observations on the drying of seed.** Seed Science and Technology, Zurich, INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, (1), p.645-670, 1973.

LASSERAN, J.C. **Características técnicas dos secadores.** Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, CENTREINAR, 4 (1) p.4-14, 1979.

LUZIN, L.A.N.R.; LACERDA, L.A.O .; ELIAS Jr., E.G. **Utilização de lavadores e secadores mecânicos no preparo de café na região da noroeste, no estado de São Paulo.** Maringá, 15º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.109-112, 1989.

MATIELLO, J.B. **O Café do cultivo ao consumo.** São Paulo, Globo, 1991. 320p.

MATIELLO, J.B. **Quentes como café.** Rio de Janeiro, MAA/PROCAFÉ, 1999. 185p.

MATIELLO, J.B.; STEVANATO, S.G.; ZATTAR, J.C.; TOLEDO, J.L.B. **Caracterização de cafés preparados por despulpamento, na Zona da Mata de Minas Gerais.** Maringá, 15º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.164-165, 1989.

MATSUMOTO, F. **Fórmula de correção para rotâmetro.** São Paulo, não publicado, 1999. 2p.

- MENDES, A.N.G.; ABRAHÃO, E.J.; CAMBRAIA, J.F.; GUIMARÃES, J.R. **Recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro no Sul de Minas.** Lavras, UFLA, 1995. 76p.
- MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J. **Economia cafeeira: o agribusiness.** Lavras, UFLA/FAEPE, 1996. 59p.
- MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J. **Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade.** Lavras, UFLA/FAEPE, 1996. 99p.
- MOREIRA, J.R.S. **Fundamentos e aplicações da psicrometria.** São Paulo, RPA Editorial Ltda., 1999. 194p.
- OLIVEIRA, J.A. de.; MATIELLO, J.B.; NOGUEIRA, V.S.; ARAÚJO, J.L. da S. **Avaliação do desempenho de barcaças com fomalha de fogo direto e coletor solar, em comparação com terreiro de alvenaria na secagem de café.** Londrina, 11º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.219-223, 1984.
- OLIVEROS-TASCÓN, C.E.; GUNAZEKARAN, S. **Predicción teórica del consumo de potencia y la tasa promedia de cortante aplicada en el desmucilaginado mecánico del café.** Chinchiná, CENICAFÉ, v.46, n.2, p.112-22, 1995.
- PIMENTA, C.J. **Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de frutos colhidos em quatro estádios de maturação.** Lavras, Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de Lavras, 1995. 94p.
- PINHALENSE S.A. MÁQUINAS AGRÍCOLAS **Instruções para instalação, operação e manutenção de fornos FTC-0, FTC-04 e FTC-05.** Espírito Santo do Pinhal, Manual, 1994. 12p.
- PRETE, C.E.C.; ABRAHÃO, J.T.M.; BARCA, A.A.L. **Efeito da temperatura de secagem de frutos de café colhidos nos estádios de maturação cereja e verde sobre a condutividade elétrica dos grãos.** Caxambu, 21º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.119-121, 1995.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos.** Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 604p.
- REED, R.J. **North american combustion handbook- A basic reference on the art and science of industrial heating with gaseous and liquid fuels.** Cleveland, North American Manufacturing Co., 1983.

RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, 1986. 447p.

SAMPAIO, J.B.R.; AZEVEDO, I.A. **Influência de grãos de café (*Coffea arabica* L.) secos no pé, em mistura com grãos maduros (cereja), sobre a qualidade do café**. Maringá, 15º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.1-3, 1989.

SANTOS, C. dos; TAIRA, N.M. **Rotâmetros para gás- Equações de correção**. São Paulo, 2º Simpósio Brasileiro de Medição de Vazão, p.365-370, 1995.

SANTOS, J. C. dos. **Conversão para leitura de rotâmetros**. São Paulo, Controle & Instrumentação, p.36-40, abril, 1988.

SÃO PAULO, Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Plano diretor da cafeicultura paulista**. São Paulo, 1994. 22p.,

SÃO PAULO, Café de São Paulo/ Câmara Setorial de Café da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. **Manual de Qualidade**. São Paulo, 1998. 10p.

SERRANO, R.C. **Tecnología en beneficiado de café**. San José, Tecnicafé Internacional S.A., 1995. 176p.

SILVA, J. de S.; BERBERT, P.A. **Colheita, secagem e armazenagem de café**. Viçosa, Aprenda Fácil, 1999. 146p.

TAGLILEGNA, G.H.F.; FAVARIN, J.L. **Análise comparativa dos custos de vários métodos de preparo, secagem e beneficiamento de café**. Poços de Caldas, 24º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.137-139, 1998.

TEXEIRA, A.A.; GOMES, F.P.; PEREIRA, L.S.P.; MORAES, R.S.; CASTILHO, A. de. **A influência de grãos pretos em ligas com café de bebida mole**. Rio de Janeiro, IBC, (Boletim Técnico, 3), 1970.

TEIXEIRA, A.A.; LEVY, F. de A.; CARVALHO, A. de.; FAZUOLI, L.C.; ROSATO, D.H.R.; TOLEDO, J.L.B. de. **Observações sobre várias características do café colhido verde e maduro**. Londrina, 11º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.227-228, 1984.

THOMAS, H.E. **Gas engineers handbook- Production and handling of liquefied petroleum gases**. New York, The Industrial Press Inc., 1965.

THOMAZIELLO, R.A.; OLIVEIRA, E.G. de.; TOLEDO F.º, J.A. de. **Cultura do café**. Campinas, Fundação Cargill, 1996. 69p.

TOLEDO, F.F.; MARCOS F.º, J. **Manual das sementes; tecnologia da produção.** São Paulo, Agronômica Ceres, 1977. 224p.,

VEGRO, C.L.R.; MORICOCCHI, L.; JOHNSON, B. **Café: realidade e perspectivas.** São Paulo, SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, 1997. 77p.

VIEIRA, G. **Secagem intermitente de café (*Coffea arabica* L.) em secadores de fluxo cruzado e em secador experimental de camada fixa.** Lavras, Dissertação (mestrado)- Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1994. 91p.

VIEIRA, G.; VILELA, E.R. **Secagem intermitente de café (*Coffea arabica* L.) em secador experimental de camada fixa.** Lavras, Ciência e Prática, v.19, n.3, p.289-96, 1995.

WEDEKIN, I.; CASTRO, P. R. de. **Reestruturação no agribusiness brasileiro.** ABAG/AGROANALYSIS/FGV. Rio de Janeiro, p.127-135, 1999.

APÊNDICE

1- Planilha A: Modelo de planilha utilizada para disposição de dados coletados de: temperatura do ar ventilado; temperatura da massa de café; fluxo e pressão do GLP junto ao rotâmetro; teores de umidade e temperaturas dos grãos no determinador G-600, em 3 repetições.

1- Planilha B: Modelo de planilha utilizada para disposição de dados coletados de: temperatura do ar de saída do secador em 6 posições do cilindro de secagem e pressão de velocidade do ar de secagem em 5 posições de uma secção do duto de ventilação.

1- Planilha C: Modelo de planilha utilizada para disposição dos dados experimentais dos teores de umidade obtidos através do método da estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}/24\text{h}$.

Apêndice 1- Planilha A

Dia: 02.06.99 Hora: 10:00h nº secador: 2 t°C massa: 40°C fluxo ar: modificado												
t sec	t°C vent	t°C mass	flux gás	prg gás	G600 1	G600 2	G600 3	G600	G600 1	G600 2	G600 3	G600
(h)	(°C)	(°C)			% bu	% bu	% bu	média	°C	°C	°C	média
0	88	22	8,6	1,2								
0,5	92	30	8,1	1,4								
1	90	34	8,5	1,4								
1,5	76	34	8,4	1,4								
2	92	34	8,4	1,4								
2,5	93	36	8,2	1,4								
3	92	34	8,5	1,4								
3,5	96	36	8,4	1,4								
4	98	36	8,4	1,4	47,7	48,5	48,7		28,4	29	29,1	
4,5	97	38	8,7	1,2	45,8	45	46,8		28,6	29,8	30,5	
5	78	37	9	1,2	48,9	50	50,2		27,8	28,5	28,6	
5,5	88	37	9	1,2	43,6	44,8	44,1		26,5	27,7	27,4	
6	88	38	8,8	1	42,9	43,2	43,1		26,6	26,5	26,9	
6,5	90	39	8,8	1	40,6	43	40,9		28	28,2	28,4	
7	88	40	8,7	1	40,4	39,8	39,9		26,4	28,5	28,2	
7,5	88	41	9	1,2	38,9	39,3	39,1		27,4	27,6	27,2	
8	80	40	8,8	1	37,2	37,4	37		26	26,3	25,9	
8,5	80	40	8,8	1,2	36,5	36,6	36,9		25,7	25,4	25,7	
9	80	40	8,8	1,2	36,3	36	36,4		26,8	26,2	26,1	
9,5	80	40	8,4	1,2	35,1	35,8	35,2		26,4	26,7	26,5	
10	80	41	9	1,2	35,2	35,1	34,9		25,3	25,8	25,7	
10,5	80	40	8,5	1,3	32,2	32	32,4		26,9	26,8	26,9	
11	80	40	9	1,3	32	32,1	32		25,2	25,9	25,4	
11,5	80	41	9	1	32,1	32,4	32,2		25,7	25,5	25,3	
12	78	41	8,6	1	32,2	32,7	32,1		25,9	25,8	25,9	
12,5	78	41	8	1,2	31	31,2	31,1		26,2	26,1	26	
13	76	41	8	1,2	31,6	31,4	31		24,9	26,2	26,5	
13,5	76	41	8,6	1,3	32	29,4	34,4		24,9	25,1	23,7	
14	76	41	8	1,3	30,1	30,5	30		24,2	27,2	25,6	
14,5	76	41	8	1,3	33,5	30,2	30		26	27,2	26,1	
15	76	41	8	1,3	30,2	31,3	30,7		25,7	26,1	26,5	
15,5	76	41	8,2	1,2	29,2	28,6	28,5		25,1	28,5	26,8	
16	77	41	8	1,2	28,9	29,1	28,3		25,5	25,7	26,2	
16,5	78	41	8,2	1,2	28,9	28,4	28,4		25	25,6	26,6	
17	76	42	8,2	1,2	29,4	28,5	29,6		25,7	26,6	26,9	
17,5	78	42	7,6	1,2	26,7	28,3	27,5		25	25,8	26,3	
18	78	42	8,7	1,3	27,6	26,8	27		25,4	27	28,2	
18,5	80	43	8,2	1,3	27,2	27,1	26		25,9	26,6	27	
19	78	43	8,2	1,2	26,8	26	26,7		26	28,8	27,3	
19,5	78	43	8	1	26	24,4	24,8		26,2	27,2	27,3	
20	78	43	7,8	1	24,5	25,8	24,2		26,1	27,5	26,6	
20,5	77	43	7,8	1	25,6	25	25,8		27,1	26,9	27,8	
21	78	43	7,8	1	23,6	25,4	25,1		27,6	27,5	28,3	
21,5	72	44	8,4	1	24,6	24,3	24		27,5	29,4	30,2	
22	68	44	8,2	1,2	23,6	23,7	24		28,7	30,1	30,4	
22,5	68	44	8	1	22,7	24,5	23,7		30,6	31,6	31,9	
23	68	44	8	1	23,1	23	22,9		29,7	31	32,2	
23,5	68	43	8	1	22,3	22,4	21,5		31,4	32,4	32,3	

Apêndice 1- Planilha A

24	68	44	7,6	1,2	21,4	21,4	21,1		29,9	30,6	31,1	
24,5	68	44	8,4	1,2	21	22	21,7		31,5	32,9	32,9	
25	62	46	8,6	1,2	20,6	20,1	18,1		29,2	33	31,7	
25,5	54	44	7,6	1,2	19,1	20,2	18,6		30,2	31,7	32	
26	54	42	7,6	1	17,5	17,5	18,4		28	28,9	29,4	
26,5	55	42	7,6	1	18,4	19,4	19,4		29,5	30,5	29,6	
27	55	42	8	1,2	17,1	18,8	17,5		29,6	31,4	31,6	
27,5	54	42	7,8	1,2	15,9	15,8	15,7		28,2	29,2	29,9	
28	54	42	8	1,2	15	16,5	17,1		27,6	28,7	30	
28,5	36	40	0	0	14,6	15	15,2		28,2	28,6	29,1	
29	33	38	0	0	14,3	14,5	14		29,8	30,1	30,2	
29,5	30	37	0	0	13,7	14,2	14,1		30	29,5	30,1	
30	29	35	0	0	13,6	13,3	13		30,2	30	29,8	

Apêndice 1- Planilha B

Dia: 02.06.99 Hora: 10:00h nº secador 2 t°C massa: 40°C fluxoar: modificado												
tempo	T	E	R	M	O	P	A	R	E	S		
(h)	1	2	3	4	5	6		P	I	T	O	T
0	20,6	21,2	22,1	22,3	21,4	21		4,6	5,8	6	5,6	4,8
0,5	25,6	26,8	27,5	27,4	27,4	26		4,8	5,8	6	5,8	5
1	29,4	30,3	30,7	29,8	30,1	29		4,8	5,6	6	5,8	5
1,5	29,1	30,9	30,9	30,5	30,6	29,2		4,6	5,4	5,8	5,8	4,8
2	30,3	31	31,3	30,9	31,1	29,4		4,8	5,8	6	5,8	5
2,5	30	31,8	31,6	31,8	31,7	29,9		5,6	5,8	6	5	4,8
3	30,2	32,3	31,5	32,3	31,9	30,8		5,4	5,8	5,8	5	5
3,5	32,4	32,2	32,9	32,5	32,2	30,8		5,6	5,6	5,6	5,2	4,2
4	32,1	32,8	33,7	32,7	32,9	31,1		5,6	5,8	5,6	5,2	4
4,5	33,1	33	33,8	32,7	32,9	31,8		5,2	5,6	5,6	5	4,4
5	30,3	30,9	31	31,6	31,3	31,1		5,6	5,6	5,8	5	4,2
5,5	31,9	32,2	32,8	32,9	31,6	31,4		5,4	5,6	5,8	5,2	4,4
6	30,1	32,4	32,6	31,8	31,2	29,3		5,4	5,6	5,8	5,2	4,2
6,5	29,8	32,2	32,7	31,9	31,6	29,7		5,2	5,6	5,8	5	4,4
7	30,2	31	31,9	31,4	31,8	32,2		5,2	5,6	5,8	5,2	4,2
7,5	30,8	31,3	32,6	32,5	32,6	31,8		5,2	5,4	5,8	5,2	4,4
8	32,9	33,3	35,7	32,4	32,8	33		5,4	5,4	5,6	5,2	4,2
8,5	31,4	33	34,9	34,8	32,7	32,1		5,4	5,4	5,6	5,4	4,2
9	32	33,1	34,7	34,9	33,3	32,2		5,4	5,6	5,6	5,2	4
9,5	31,8	32,4	33,8	33,9	33,6	31,7		5,4	5,6	5,6	5,2	4,2
10	30,9	31,3	33,2	34,1	33,9	31,8		5,4	5,4	5,6	5	4
10,5	30,2	32,8	32,6	34,6	34,2	30,7		5,4	5,6	5,5	5	4,2
11	30,2	33,4	34,9	36,2	35,4	31,9		5,2	5,4	5,6	5	4,2
11,5	30,4	32,9	35	36,6	35,8	32,1		5,2	5,4	5,6	5	4
12	33,1	34,8	37,1	35,2	36,1	32,9		5,4	5,4	5,6	5	4,2
12,5	32,9	34,7	36,9	35,4	36,4	33,3		5,4	5,5	5,6	5	4,2
13	32,8	34,9	36,9	35,6	36,6	33,4		5,4	5,5	5,6	5	4,2
13,5	35,3	35,4	36,4	35,7	37,3	33,5		5,4	5,6	5,6	5	4,4
14	34,5	34,1	38,9	36,1	39,4	33,4		5,4	5,6	5,6	5	4,4
14,5	35,3	34,6	37,2	36,8	37,6	31,9		5,4	5,6	5,5	5,1	4,4
15	35,5	34,6	36	35,1	36,8	33,1		5,4	5,6	5,4	5,1	4,8
15,5	35,5	34,9	36,8	36,1	37,5	32,6		5,4	5,5	5,6	5,1	5
16	34,6	30,1	35,7	38,2	38,4	34,3		5,4	5,6	5,6	5	4,8
16,5	33,7	35,7	30,5	39,6	38,5	34,5		5,2	5,6	5,6	5,1	4,8
17	35,3	35,7	37,3	35,6	37,3	33,9		5,2	5,5	5,6	5,2	5
17,5	34,7	35,4	37,4	36,4	39,1	33,8		5,4	5,6	5,6	5,2	5
18	34,7	34,3	37,6	37,2	39,5	32,3		5,4	5,4	5,6	5	4,8
18,5	36,6	34,8	37,2	34,1	36,4	32,3		5,2	5,4	5,6	5,2	4,8
19	35,6	35,4	38,2	35,4	38,4	32,3		5	5,4	5,6	5,6	5
19,5	33,6	35,7	38,2	32,4	36,6	33,2		5,1	5,4	5,6	5,5	5,2
20	34,9	37,2	39	35,7	40,2	34,1		5	5,4	5,6	5,4	5,2
20,5	35,1	36,8	40,8	37,2	37,3	37,7		4,8	5,2	5,4	5,2	5
21	34,8	35,9	39,4	36,9	38,4	36,4		5	5,2	5,4	5,1	5
21,5	36,8	37	39,9	38,9	41,1	32,4		5,8	6,2	6	5,6	5,8
22	36,5	38,8	40,8	38,2	41	39,4		5,6	6	6	5,6	5,6
22,5	36,8	38	39,2	37,8	39,6	37,6		5,8	6	5,8	5,6	5,6
23	34,2	38,2	39,9	39,2	41,1	37,3		5,6	6,2	5,8	5,4	5,6
23,5	37,4	37,7	40,5	40,6	41,4	37,1		5,8	6	5,8	5,6	5,8

Apêndice 1- Planilha B

24	38,2	38,7	40	38,8	40,1	39,2		5,6	6	5,6	5,6	5,8
24,5	37,5	38,7	40,4	40,2	40,4	38,7		5,8	6,2	5,8	5,6	5,8
25	38,8	39,1	41	38,7	41,1	39,8		6,2	5,8	5,8	5,4	5,4
25,5	39,1	38,7	39,9	39,4	41,4	38,8		6	5,6	5,8	5,6	5,6
26	36,6	38,2	38,6	36,7	38,3	35,7		5,6	6	6	5,6	4,8
26,5	35,2	37,5	37,8	36,5	38,3	37		5,2	5,8	6	5,6	4,8
27	35,8	37,3	38,2	36,8	38,8	37,1		5,2	5,6	5,8	5,4	5
27,5	35,8	37,4	38,3	37,6	38,4	36,9		6	6	6,2	5,8	6,2
28	35,2	36,7	37,8	37,1	38,5	37,3		5,8	6	6,2	6,2	6
28,5	27,3	27	27,6	27,1	26,6	26,4		0	0	0	0	0
29	27,1	26,8	27,8	27,3	27,2	26,5		0	0	0	0	0
29,5	27,5	27	27,5	26,9	26,7	26,5		0	0	0	0	0
30	26,9	26,9	27,1	27,5	27	26,3		0	0	0	0	0

Apêndice 1- Planilha C

Secagem nº 6 Data: 02 a 03 / junho / 1999. Estufa:(03/06-19h)(04/06-19h)							
tempo (h)	nº repet.	nº cad	pcadinho (g)	pcadcafé (g)	ptotalseco (g)	umidade (%bu)	média (%)
0	1	1	24,1544	26,2313	25,1748	50,87	49,82
0	2	2	22,1033	24,2314	23,2128	47,86	
0	3	3	21,582	23,5612	22,5571	50,73	
0,5	1	4	23,1385	25,1771	24,1385	50,95	49,97
0,5	2	5	23,6804	25,6266	24,6517	50,09	
0,5	3	6	21,949	23,7831	22,8869	48,86	
1	1	7	22,1273	24,0968	23,1231	49,44	49,13
1	2	8	21,8564	23,9235	22,9085	49,10	
1	3	9	23,2171	25,2348	24,2489	48,86	
1,5	1	10	22,354	24,3472	23,3869	48,18	49,53
1,5	2	11	21,4848	23,6099	22,5503	49,86	
1,5	3	12	23,4893	25,7432	24,604	50,54	
2	1	13	22,0156	24,0914	23,1314	46,25	46,61
2	2	14	22,9647	24,8595	23,9862	46,09	
2	3	15	22,7227	24,8365	23,8323	47,51	
2,5	1	16	22,8162	24,9219	23,9111	48,00	47,65
2,5	2	17	23,4346	25,5585	24,5441	47,76	
2,5	3	18	24,0547	26,2104	25,1934	47,18	
3	1	19	22,0747	24,0885	23,125	47,84	48,62
3	2	20	21,5683	23,6954	22,6851	47,50	
3	3	21	23,1619	25,1689	24,1552	50,51	
3,5	1	22	22,7788	24,8341	23,8741	46,71	47,06
3,5	2	23	23,0911	25,1549	24,1839	47,05	
3,5	3	24	21,8348	23,6773	22,8038	47,41	
4	1	25	23,5652	25,6363	24,7026	45,08	45,44
4	2	26	23,4386	25,5631	24,6102	44,85	
4	3	27	22,049	24,1132	23,1558	46,38	
4,5	1	28	22,5975	24,601	23,7054	44,70	45,29
4,5	2	29	21,5855	23,5991	22,6553	46,87	
4,5	3	30	21,764	23,6305	22,8035	44,31	
5	1	31	22,0724	24,2381	23,2749	44,48	44,37
5	2	32	23,0356	25,0406	24,1463	44,60	
5	3	33	21,6478	23,5247	22,698	44,05	
5,5	1	34	23,2695	25,5421	24,5174	45,09	43,81
5,5	2	35	21,8621	23,7203	22,9358	42,22	
5,5	3	36	22,2864	24,3906	23,4619	44,14	
6	1	37	22,0836	24,0532	23,214	42,61	42,78
6	2	38	21,8012	23,8423	22,9595	43,25	
6	3	39	21,7323	23,6446	22,832	42,49	
6,5	1	40	22,6409	24,5259	23,7289	42,28	41,22
6,5	2	41	23,6343	25,6273	24,8393	39,54	
6,5	3	42	22,0757	24,0489	23,2234	41,84	
7	1	43	23,2445	25,2876	24,4923	38,93	41,47
7	2	44	24,096	26,1334	25,2633	42,71	
7	3	45	23,3214	25,2171	24,4062	42,78	
7,5	1	46	23,7946	25,5968	24,8731	40,16	39,31
7,5	2	47	23,8713	25,8018	25,0724	37,78	
7,5	3	48	22,6098	24,6416	23,8293	39,98	

Apêndice 1- Planilha C

8	1	49	22,7457	24,6132	23,9016	38,10	40,15
8	2	50	23,1499	25,1181	24,2816	42,50	
8	3	51	23,4476	25,5207	24,6948	39,84	
8,5	1	52	23,8404	25,7775	24,9764	41,36	40,78
8,5	2	53	23,4666	25,3851	24,5953	41,17	
8,5	3	54	23,1395	25,1118	24,3264	39,82	
9	1	55	22,9332	24,9422	24,1442	39,72	41,11
9	2	56	23,616	25,4935	24,6559	44,61	
9	3	57	26,9747	28,9948	28,2073	38,98	
9,5	1	58	23,4844	25,6238	24,8163	37,74	38,95
9,5	2	59	23,3297	25,4499	24,6098	39,62	
9,5	3	60	22,4995	24,698	23,8303	39,47	
10	1	61	24,0931	26,074	25,2961	39,27	37,34
10	2	62	23,1912	25,1343	24,4344	36,02	
10	3	63	22	24,0615	23,3041	36,74	
10,5	1	64	22,95	24,9746	24,2591	35,34	37,52
10,5	2	65	21,8871	23,7619	23,0512	37,91	
10,5	3	66	23,4971	25,5338	24,7331	39,31	
11	1	67	23,1046	25,0822	24,3472	37,17	35,38
11	2	68	23,2726	25,3673	24,6546	34,02	
11	3	69	23,7127	25,5702	24,9209	34,96	
11,5	1	70	22,805	24,8378	24,1227	35,18	36,07
11,5	2	71	22,9288	25,0124	24,2653	35,86	
11,5	3	72	23,0835	25,1637	24,3904	37,17	
12	1	73	22,5722	24,5031	23,7946	36,69	35,19
12	2	74	23,8036	25,7165	25,0521	34,73	
12	3	75	21,7045	23,6296	22,972	34,16	
12,5	1	76	22,7888	24,7107	24,0773	32,96	34,01
12,5	2	77	23,7491	25,6146	24,9651	34,82	
12,5	3	78	21,9953	24,0131	23,3218	34,26	
13	1	79	22,281	24,3518	23,6669	33,07	34,21
13	2	80	23,4573	25,3337	24,7136	33,05	
13	3	81	23,4934	25,5501	24,799	36,52	
13,5	1	82	22,8726	24,9183	24,2585	32,25	33,15
13,5	2	83	23,1926	25,2211	24,5672	32,24	
13,5	3	84	22,0944	24,1454	23,4281	34,97	
14	1	85	27,2933	29,3647	28,6982	32,18	33,24
14	2	86	23,226	25,2658	24,5767	33,78	
14	3	87	22,0565	24,1068	23,4147	33,76	
14,5	1	88	22,8503	24,9115	24,2743	30,91	30,65
14,5	2	89	21,718	23,7179	23,1341	29,19	
14,5	3	90	23,2066	25,1974	24,5637	31,83	
15	1	91	23,6418	25,5241	24,9376	31,16	31,24
15	2	92	21,5082	23,4493	22,8497	30,89	
15	3	93	23,1896	25,218	24,5758	31,66	
15,5	1	94	23,1763	25,1673	24,5522	30,89	30,80
15,5	2	95	23,6639	25,7547	25,1105	30,81	
15,5	3	96	21,7646	23,6692	23,0844	30,70	
16	1	97	22,5325	24,5114	23,9544	28,15	29,21
16	2	98	22,2433	24,3574	23,7045	30,88	
16	3	99	23,5533	25,5267	24,9621	28,61	
16,5	1	100	23,3743	25,3257	24,7728	28,33	28,06

Apêndice 1- Planilha C

16,5	2	101	21,7435	23,6668	23,1381	27,49	
16,5	3	102	23,561	25,5679	24,9989	28,35	
17	1	103	23,9616	25,7498	25,2742	26,60	27,55
17	2	104	23,0537	25,1241	24,5485	27,80	
17	3	105	23,2471	25,2207	24,6629	28,26	
17,5	1	106	23,0216	25,1072	24,5255	27,89	29,64
17,5	2	107	23,8444	25,7096	25,0853	33,47	
17,5	3	108	29,708	31,6262	31,0975	27,56	
18	1	109	39,8003	41,7866	41,183	30,39	26,41
18	2	110	35,3717	37,414	36,9232	24,03	
18	3	111	39,1438	41,0882	40,6059	24,80	
18,5	1	112	39,0058	41,0022	40,4597	27,17	27,54
18,5	2	113	37,5026	39,4617	38,9818	24,50	
18,5	3	114	35,4645	37,3999	36,8011	30,94	
19	1	115	29,5098	31,493	31,0056	24,58	24,36
19	2	116	37,7448	39,7884	39,3064	23,59	
19	3	117	38,5663	40,6785	40,1521	24,92	
19,5	1	118	36,8013	38,711	38,2005	26,73	23,40
19,5	2	119	35,2298	37,3221	36,8558	22,29	
19,5	3	120	39,5791	41,3126	40,9454	21,18	
20	1	121	29,9225	31,8436	31,3771	24,28	23,21
20	2	122	39,0612	41,1255	40,6458	23,24	
20	3	123	37,6346	39,686	39,2325	22,11	
20,5	1	124	39,8556	41,8646	41,3598	25,13	23,50
20,5	2	125	29,6103	31,7767	31,2903	22,45	
20,5	3	126	32,3881	34,3486	33,899	22,93	
21	1	127	37,5114	39,4015	38,9998	21,25	21,23
21	2	128	31,9253	33,8713	33,4707	20,59	
21	3	129	29,939	31,9372	31,5004	21,86	
21,5	1	130	29,375	31,4701	31,0594	19,60	20,45
21,5	2	131	26,4107	28,5203	28,0649	21,59	
21,5	3	132	37,8188	39,7926	39,3949	20,15	
22	1	133	39,4185	41,2268	40,9132	17,34	18,51
22	2	134	36,5422	38,6004	38,1989	19,51	
22	3	135	39,6485	41,6978	41,3152	18,67	
22,5	1	136	29,9126	31,877	31,5196	18,19	18,24
22,5	2	137	29,808	31,6519	31,3265	17,65	
22,5	3	138	29,8164	31,7791	31,4085	18,88	
23	1	139	30,0891	32,0167	31,7042	16,21	17,82
23	2	140	36,5237	38,5922	38,1915	19,37	
23	3	141	38,948	40,9683	40,6074	17,86	
23,5	1	142	41,7568	43,718	43,3743	17,52	17,88
23,5	2	143	41,92	43,8973	43,5445	17,84	
23,5	3	144	40,9941	42,9731	42,6116	18,27	
24	1	145	39,8873	41,8835	41,5474	16,84	17,19
24	2	146	30,079	32,2037	31,8433	16,96	
24	3	147	38,6149	40,5315	40,1911	17,76	
24,5	1	148	33,8467	35,7928	35,4712	16,53	17,17
24,5	2	149	35,4244	37,3945	37,067	16,62	
24,5	3	150	36,5949	38,4993	38,1499	18,35	
25	1	151	35,3133	37,3531	37,0363	15,53	15,52
25	2	152	32,4189	34,4204	34,0895	16,53	

Apêndice 1- Planilha C

25	3	153	34,6499	36,5588	36,2823	14,48	
25,5	1	154	36,4109	38,4509	38,1346	15,50	16,13
25,5	2	155	33,3432	35,3591	35,0098	17,33	
25,5	3	156	37,5685	39,5266	39,2221	15,55	
26	1	157	36,2418	38,3005	37,9924	14,97	14,13
26	2	158	32,4244	34,4223	34,1773	12,26	
26	3	159	32,8019	34,7579	34,4613	15,16	
26,5	1	160	40,1746	42,1045	41,8195	14,77	14,97
26,5	2	161	38,9766	40,8588	40,5608	15,83	
26,5	3	162	41,0576	43,0475	42,7627	14,31	
27	1	163	42,949	44,8286	44,5319	15,79	14,33
27	2	164	41,6966	43,6265	43,354	14,12	
27	3	165	41,2789	43,2155	42,962	13,09	
27,5	1	166	32,8237	34,8092	34,5589	12,61	12,65
27,5	2	167	39,4612	41,3971	41,1504	12,74	
27,5	3	168	31,8636	33,8342	33,5861	12,59	
28	1	169	41,368	43,2813	43,0447	12,37	13,11
28	2	170	41,0892	43,047	42,7878	13,24	
28	3	171	41,2799	43,384	43,0955	13,71	
28,5	1	172	32,8054	34,8247	34,5605	13,08	12,80
28,5	2	173	39,7728	41,7087	41,4749	12,08	
28,5	3	174	40,8119	42,862	42,5903	13,25	
29	1	175	41,6611	43,5318	43,2992	12,43	12,54
29	2	176	40,89	42,951	42,6981	12,27	
29	3	177	32,9528	34,8493	34,6041	12,93	
29,5	1	178	29,91	31,9222	31,6757	12,25	12,35
29,5	2	179	29,8054	31,8238	31,5775	12,2	
29,5	3	180	29,9149	31,7784	31,5439	12,58	
30	1	181	30,0878	32,1087	31,855	12,55	11,89
30	2	182	36,521	38,5308	38,8974	11,61	
30	3	183	38,9866	40,9881	40,7577	11,51	

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE